



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA E PETROGRAFIA DO
METAGRANITOIDE MACUCO DE MINAS, NORTE
DE ITUTINGA, MINAS GERAIS

CHARLYS VAZ DE SANT'ANNA NEVES

ORIENTADOR: Prof. CIRO ALEXANDRE ÁVILA

(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

CO-ORIENTADOR: Prof. FABIANO RICHARD LEITE FAULSTICH

(Departamento de Geologia e Paleontologia – Museu Nacional – UFRJ)

JULHO, 2019

RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE
GEOLOGIA
MONOGRAFIA DE
GRADUAÇÃO

CARTOGRAFIA GEOLÓGICA E
PETROGRAFIA DO METAGRANITOIDE
MACUCO DE MINAS, NORTE DE ITUTINGA,
MINAS GERAIS

CHARLYS VAZ DE SANT'ANNA NEVES

APROVADA POR:

Dr. Ciro Alexandre Ávila

Dr. José Carlos Sícoli Seoane

Dra. Marize Muniz da Silva

JULHO, 2019
RIO DE JANEIRO – RJ – BRASIL

FICHA CATALOGRÁFICA

NEVES, Charlys Vaz de Sant'Anna

**CARTOGRAFIA GEOLÓGICA E PETROGRAFIA DO METAGRANITOIDE
MACUCO DE MINAS, NORTE DE ITUTINGA, MINAS GERAIS**

XIX, 92 p., 29,7 cm (Instituto de Geociências – Departamento de Geologia – UFRJ, Monografia de Graduação, 2019).

Monografia: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia.

- 1 – Metagranitoide Macuco de Minas
- 2 – Cartografia geológica
- 3 – Caracterização mineralógica
- 4 – Cinturão Mineiro
- 5 – Cráton São Francisco

I – IGEO/UFRJ

II – Título (série)

RESUMO

NEVES, C. V. S. **Cartografia geológica e petrografia do metagranitoide Macuco de Minas, norte de Itutinga, Minas Gerais.** Ano 2019, XIX, 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O conhecimento geológico do Cinturão Mineiro vem evoluindo com o passar dos anos principalmente em decorrência do estudo desenvolvido em áreas-chave que individualizam quatro arcos magmáticos cuja evolução se deu entre o Sideriano e o Riáciano. O objetivo do presente trabalho é contribuir para o conhecimento do metagranitoide Macuco de Minas, um dos principais corpos plutônicos félsicos do Arco Ritápolis, a partir da cartografia geológica em escala 1:25.000 de uma área de 50 km² com descrição de feições de campo, petrografia em microscópio de luz transmitida e química mineral em MEV/EDS. O metagranitoide Macuco de Minas aflora a norte da cidade de Itutinga, Minas Gerais, sendo delimitado a sul pelo metagranitoide Represa de Camargos e a Norte pelo metadiorito Rio Grande e pelos anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes. É uma rocha leucocrática, de granulação média e que possui duas variedades texturais, uma equigranular de composição tonalítica e uma porfirítica de composição granodiorítica, que apresenta fenocristais de microclínio de até 5 cm imersos em matriz média de composição também tonalítica. A ausência ou rara ocorrência de microclínio na matriz da variedade porfirítica, bem como a presença de feições de assimilação nos fenocristais, como bordas corroídas e fragmentadas com formação de hialofano, além de veios tonalíticos que cortam os próprios fenocristais indicam que esta variedade pode ter origem híbrida. O metagranitoide Macuco de Minas é ainda intrudido por três diferentes grupos de diques: (1) diques de metagranitoide fino equigranular e de composição monzogranítica; (2) diques de metagranitoide com titanita, o qual possui composição tonalítica e feições indicativas de processos de *magma mixing and mingling* em sua formação, como a textura ocelar com núcleo de titanita e *clots* de biotita; (3) diques máficos foliados alterados intempericamente. A idade de 2126 ± 21 Ma a 2114 ± 6 Ma do metagranitoide Macuco de Minas correlaciona o mesmo a um dos últimos estágios de evolução do Cinturão Mineiro e é próxima à idade de 2121 ± 7 Ma a 2149 ± 10 do metagranitoide Ritápolis.

ABSTRACT

NEVES, C. V. S. **Geologic mapping and petrography of the Macuco de Minas metagranitoid, north of Itutinga city, Minas Gerais state.** Ano 2019, XIX, 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The geological knowledge of the Mineiro Belt has been evolving through the years, mainly because of the detailed study, that allowed the description of four distinct magmatic arcs, that evolved from Siderian to Rhyacian. The main objective of this work is to contribute to the knowledge of the Macuco de Minas metagranitoid, one of the most important felsic plutonic bodies of Ritápolis Arc. The methodology consisted in the geologic mapping of a 50 km² area with description of field relations, a petrographic study in transmitted light optical microscope and mineral chemistry in SEM/EDS. The Macuco de Minas metagranitoid outcrops north to Itutinga City, Minas Gerais State. It is delimited in the south by the Represa de Camargos metagranitoid and in the north by the Rio Grande metadiorite and the amphibolites from the Rio das Mortes greenstone belt. It is a medium-grained leucocratic rock that has two distinct facies: (1) an equigranular one with tonalitic composition and (2) a porphyritic one, with microcline phenocrysts that range up to 5 cm that are embedded in a medium-grained with tonalitic composition. The absence or rare occurrence of microcline grains in the porphyritic facies matrix and also the occurrence of tonalitic veins that crosscut the phenocrysts indicate that this rock could have been formed by hybridization processes. The Macuco de Minas granitoid is intruded by three different groups of dykes: (1) fine-grained monzogranitic; (2) titanite-bearing tonalitic dykes, which have classic magma mixing and mingling indicators, such as the titanite-centered ocellar texture and mafic clots; (3) foliated mafic dykes that normally are intensively weathered. The age of Macuco de Minas metagranitoid is between 2126 ± 21 Ma and 2114 ± 6 Ma and is coherent to the Ritápolis metagranitoid age (2121 ± 7 Ma to 2149 ± 10 Ma), which correlates the studied body with the Mineiro belt final stages of evolution.

“Para os crentes, Deus está no princípio das coisas.

Para os cientistas, no final de toda reflexão.”

Max Planck

Agradecimentos

Ao planeta Terra, que, ao mostrar sua infindável beleza e complexidade, serve de inspiração para o trabalho de todos nós cientistas.

Aos meus pais, Suzy Vaz de Sant'Anna Neves e Jorge Luiz Lourenço Neves, por serem meus exemplos e por me apoiarem na realização dos meus sonhos. Este trabalho não seria possível sem o seu amor e cuidados inestimáveis.

Aos meus avós, José Pires de Sant'Anna (*in memoriam*) e Dulcinea Vaz de Sant'Anna, por sempre estarem ao meu lado.

Aos meus irmãos Ísis, Laís, Liana e Rodrigo, por todos os anos de companhia, amizade e união que só os irmãos podem propiciar.

A todos os professores, amigos e familiares que, de maneira direta ou indireta, me fizeram escolher a ciência como uma carreira para a vida.

Aos meus companheiros de faculdade Gabriel Machado, Matheus Queiroz, Victor Huggo Mesquita e Leandro Neves por não só serem inestimáveis amigos durante toda a graduação, mas também por serem um suporte indispensável durante os difíceis momentos finais dela. Sem vocês eu não chegaria a este momento.

À Beatriz Caetano, por todo o auxílio e por ser uma paciente companheira durante todos os momentos bons e ruins do final da graduação.

À todos do CETEM que me disponibilizaram o equipamento utilizado nessa monografia e todo o auxílio em operá-los, Reiner Neumman, Josimar, Héllisson e Felipe Emerson, assim como ao técnico Emiraldo Barbosa, do Museu Nacional pela confecção de todas as lâminas petrográficas utilizadas no presente trabalho.

Ao Museu Nacional, por ter me despertado a paixão pela geologia anos atrás e por ter sido a casa onde pude desenvolver meus trabalhos desde o início da graduação. O Museu Nacional vive.

Aos meus orientadores, Ciro Alexandre Ávila e Fabiano Richard Leite Faulstich, por todo o apoio, paciência e por serem exemplos de cientistas que me servem de inspiração.

SUMÁRIO

CAPA	I
CONTRA-CAPA	II
FICHA CATALOGRÁFICA	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
AGRADECIMENTOS	VII
SUMÁRIO	VIII
ÍNDICE DE TABELAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVO	2
3 – LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	3
4 - METODOLOGIA	5
4.1 – Etapa pré-campo	5
4.2 – Levantamento de Campo	5
4.3 – Atividades Laboratoriais	5
4.3.1 - Petrografia	5
4.3.2 – MEV-EDS	7
4.4 – Atividades de Escritório	7
5 – NOMENCLATURA	8
6 – GEOLOGIA REGIONAL	11
6.1 – Cráton do São Francisco	11
6.2 – Embasamento arqueano	11
6.3 – Supergrupo Minas	13
6.4 – Cinturão Mineiro	14
6.4.1 – Sequências metavulcanossedimentares	14
6.4.2 – Arco Cassiterita	16
6.4.3 – Arco Resende Costa	16
6.4.4 – Arco Serrinha	16
6.4.5 – Arco Ritápolis	16
7 – ASPECTOS DE CAMPO DAS UNIDADES MAPEADAS	18
7.1 - Introdução	18
7.2 – Anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes	18
7.3 – Metadiorito Rio Grande	19
7.4 – Metagranitoide Macuco de Minas	22
7.4.1 – Aspectos gerais	22
7.4.2 – Enclaves	25
7.4.3 – Diques e veios	28
7.4.4 – Deformação e zonas de cisalhamento	32
8 – PETROGRAFIA E MEV/EDS	35
8.1 – Metagranitoide Macuco de Minas	35
8.2 – Corpos intrusivos no metagranitoide Macuco de Minas	56
8.2.1 – Metagranitoide fino	56
8.2.2 – Metagranitoide com titanita	69
9 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	80
9.1 – Metagranitoide Macuco de Minas	80
9.2 – Corpos intrusivos no metagranitoide Macuco de Minas	83
9.3 – Comparação entre os granitoides estudados	84
9.4 – Relação cronológica entre os litótipos	86
9.5 – Metamorfismo e deformação	86

10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
--	-----------

ANEXO I – MAPA GEOLÓGICO

ANEXO II – MAPA DE PONTOS

ANEXO III – TABELA DE PONTOS

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Lista de amostras coletadas para laminação durante as campanhas de campo.	6
Tabela 2 – Classificação de índice de cor segundo Streckeisen (1976).	8
Tabela 3 – Classificação textural de rochas ígneas segundo Williams et al. (1970).	8
Tabela 4 – Granulação de rochas ígneas segundo Williams <i>et al.</i> (1970).	8
Tabela 5 – Diferenças básicas entre dioritos e gabros.	9
Tabela 6 – Abreviação dos minerais segundo Whitney & Evans (2010).	10
Tabela 7 – Idade das sequências metavulcanossedimentares do Cinturão Mineiro	16
Tabela 8 – Idade dos corpos constituintes do arco Ritápolis.	17
Tabela 9 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide Macuco de Minas.	39
Tabela 10 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide Macuco de Minas.	44
Tabela 11 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de hialofano do metagranitoide Macuco de Minas.	46
Tabela 12 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita ₁ do metagranitoide Macuco de Minas	51
Tabela 13 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide fino.	60
Tabela 14 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide fino. Pl: cristal de plagioclásio.	63
Tabela 15 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita do metagranitoide fino.	65
Tabela 16 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide com titanita. Pl: cristal de plagioclásio. Alt: plagioclásio alterado	72
Tabela 17 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide com titanita	74
Tabela 18 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita do metagranitoide com titanita	76

Tabela 19 – Principais características dos granitoides estudados.....	84
--	----

Tabela 20 – Principais características dos três eventos metamórficos – deformacionais representados em rochas da região de Lavras - São João del Rei, borda meridional do Cráton do São Francisco, Minas Gerais (modificado de Ávila <i>et al.</i> , 2008).....	87
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área estudada.....	3
Figura 2 - Articulação de cartas topográficas 1:50.000 do IGBE, com a área de estudo aproximada indicada pelo retângulo vermelho.	3
Figura 3 - Trajeto Rio de Janeiro – Macuco de Minas (fonte: Google Earth).	4
Figura 4 – Diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) com campo dos granitoides destacado em vermelho.....	9
Figura 5 – Contorno aproximado do Cráton do São Francisco e distribuição das faixas móveis que o envolvem segundo Alkmim <i>et al.</i> (1993).	11
Figura 6 – Mapa geológico da borda meridional do Cráton do São Francisco com destaque para o Cinturão Mineiro (Ávila <i>et al.</i> , 2014).	12
Figura 7 - Coluna estratigráfica do Quadrilátero Ferrífero segundo Ávila <i>et al.</i> (2014).	13
Figura 8 – Mapa geológico do Cinturão Mineiro. Retirado de Cardoso <i>et al.</i> (2019).	15
Figura 9 – Modelo esquemático da evolução do Arco Ritápolis, com foco nos metadioritos Rio Grande e Brumado. Adaptado de Cardoso <i>et al.</i> (2019).	17
Figura 10 – Exposição de anfibolito da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes em corte de estrada com foliação subvertical (Ponto CH-29).	18
Figura 11 – Amostra do anfibolito composto pela intercalação de níveis milimétricos félsicos enriquecidos em plagioclásio + quartzo e níveis máficos ricos em anfibólio (Ponto CH-29).	19
Figura 12 – Afloramento do metadiorito Rio Grande ao longo do Rio Grande (Ponto CH-34)	19
Figura 13 – Metadiorito Rio Grande com fenocristais de plagioclásio com cerca de 1,5 cm de tamanho (circulado em amarelo). Foliação da rocha é marcada pela orientação dos minerais máficos (anfibólio e biotita) e dos cristais de plagioclásio (Ponto CH-34).	20
Figura 14 – Metadiorito Rio Grande com foliação bem marcada (indicada pela orientação da lapiseira) e com enclaves de hornblendito orientados segundo a foliação (circulados em amarelo) (Ponto CH-15).	20
Figura 15 – Enclaves no metadiorito Rio Grande	21
Figura 16 – Xenólitos de anfibolito da Sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes.	21
Figura 17 – Diques de metagranito fino intrusivos no metadiorito Rio Grande	22
Figura 18 – Lajedo do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-05).	22

Figura 19 – Coloração dos saprólitos da área estudada (Ponto CH-11).....	23
Figura 20 – Fenocristais de feldspato do metagranitoide Macuco de Minas com diferentes formas	23
Figura 21 – Afloramento do metagranitoide Macuco de Minas exibindo fenocristais de feldspato euédricos e tabulares, que representam até 15% da rocha, sendo que esses estão incipientemente orientados segundo a foliação (Ponto CH-45).	24
Figura 22 – Variedade equigranular do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-23). .	24
Figura 23 – Contato (tracejado amarelo) entre rochas de fácies porfirítica (parte superior) e equigranular (parte inferior) do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-73).	24
Figura 24 – Xenólito biotítico alongado da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes no metagranitoide Macuco de Minas. Notar que o xenólito está orientado concordantemente com a foliação (Ponto CH-04).	25
Figura 25 – Xenólitos máficos ricos em biotita e com relevo negativo orientado segundo a direção da foliação do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-37).	25
Figura 26 – Enclave com fenocristais de feldspato de até 4 cm (indicado em amarelo) incluso em variedade porfirítica do Metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-93).....	26
Figura 27 – Xenólito félsico deformado e parcialmente assimilado pelo metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-50).	27
Figura 28 – Fenocristal amendoado de feldspato potássico envolvido por biotita na variedade porfirítica do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-50).	28
Figura 29 – Relações do metagranitoide Macuco de Minas com corpos félsicos (Ponto CH-93).	29
Figura 30 – Amostra do metagranitoide fino equigranular isotrópico (Ponto CH-03).	30
Figura 31 – Metagranitoide Macuco de Minas com fenocristais de feldspato cortado por dique com cerca de 20 cm de espessura de um metagranitoide fino equigranular (Ponto CH-45)....	30
Figura 32 – Metagranitoide com titanita (Ponto CH-75)	30
Figura 33 – Metagranitoide médio com aglomerados de biotita (<i>clots</i> máficos), os quais estão orientados conforme a foliação da rocha (Ponto CH-55)	31
Figura 34 – Metagranitoide Macuco de Minas (abaixo) cortado por veio de pegmatito (indicado em amarelo) e ambos sendo truncados por um dique de metagranitoide fino (contato em preto) (Ponto CH-45).	31

Figura 35 – Veio de pegmatito de espessura centimétrica cortando metagranitoide Macuco de Minas e dique do metagranitoide fino (Ponto CH-93).	32
Figura 36 – Blocos alinhados de dique máfico (indicados em amarelo) intensamente intemperizados. Notar solo avermelhado (Ponto CH-44).	32
Figura 37 – Deformação do metagranitoide Macuco de Minas na proximidade de zonas de cisalhamento (Ponto CH-06)	33
Figura 38 – Metagranitoide Macuco de Minas com foliação 175/80 (paralela as zonas de cisalhamento principais; indicado pelas linhas amarelas) cortado por zonas de cisalhamento posteriores, com atitude 310/70 (linhas vermelhas). Notar a presença de xenólitos máficos com relevo negativo seguindo a foliação da rocha (circulado em amarelo) (Ponto CH-37).	34
Figura 39 – Classificação do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) com campo dos granitoides destacado em vermelho.	35
Figura 40 – Cristais de quartzo com núcleo preservado e bordas recrystalizadas formando um padrão sub-poligonizado (Amostra CH-4B com polarização cruzada. Metagranitoide Macuco de Minas).	36
Figura 41 – Fotomicrografia destacando cristais subédricos de plagioclásio da matriz do metagranitoide Macuco de Minas. Esses estão levemente saussuritizados, exibem tamanho de aproximadamente 1 mm e geminação polissintética bem marcada (Amostra CH-56A em polarização cruzada).	36
Figura 42 – Fotomicrografia destacando a região de contato entre cristais de plagioclásio (Pl) da matriz com fenocristal de microclínio (Mc). Presença do intercrescimento mirmequítico no plagioclásio e borda albitizada (porção amarelada) no contato desse com o microclínio. Observa-se, ainda, a presença de albita (Ab) na borda do fenocristal de microclínio (Amostra CH-4B com polarização cruzada. Metagranitoide Macuco de Minas).	37
Figura 43 – Imagens de grãos de plagioclásio (Pl) recrystalizados e com feições secundárias. A: fotomicrografia com polarização cruzada mostrando mosaico de grãos recrystalizados com inclusões de grãos de quartzo minúsculos (Qz) e com formato arredondado ou vermicular. (Amostra CH-23B. Metagranitoide Macuco de Minas).	37
Figura 44 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama ternário de Deer <i>et al.</i> (1993).	38
Figura 45 – Imagens de grãos de microclínio (Mc) no metagranitoide Macuco de Minas (Amostra CH-23C com polarização cruzada. Metagranitoide Macuco de Minas).	38
Figura 46 – Imagens de intercrescimento perítico em fenocristal de microclínio (Mc) da amostra CH-4B.	42

Figura 47 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-55A do metagranitoide Macuco de Minas mostrando fenocristal de microclínio (à esquerda), que foi parcialmente recrystalizado formando novos grãos (à direita).	42
Figura 48 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-55A do metagranitoide Macuco de Minas mostrando o contraste entre um fenocristal de microclínio (Mc) recrystalizado (à esquerda) e a matriz composta essencialmente por plagioclásio (Pl) saussuritizado, quartzo e minerais máficos (à direita).	43
Figura 49 – Imagem de elétrons retroespalhados mostrando fenocristal de microclínio (Mc) com bordas irregulares e “fragmentadas” com a formação de hialofano (Hia) que são os grãos brancos circulados e aqueles ao longo da borda do fenocristal (Amostra CH-48. Metagranitoide Macuco de Minas).	43
Figura 50 – Imagens de fenocristal de microclínio (Mc) cortado por veios tonalíticos do metagranitoide Macuco de Minas.....	48
Figura 51 – Imagem de elétrons retroespalha detalhando veio tonalítico que corta fenocristal de microclínio (Mc). O veio é composto principalmente por plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz). Presença de fragmentos de hialofano (Hia) (Amostra CH-48. Metagranitoide Macuco de Minas).....	48
Figura 52 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-37 do Metagranitoide Macuco de Minas mostrando agregado de minerais máficos representados por cristais subédricos de biotita ₁ (Bt ₁), grãos de allanita (Aln) com epidoto ao redor e por um cristal euédrico de titanita ₁ (Ttn ₁) com 3 mm de tamanho. Presença de grãos anédricos de titanita ₂ e de biotita ₂	48
Figura 53 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-4B do metagranitoide Macuco de Minas mostrando grão de biotita ₁ subédrica (Bt ₁) associado a uma massa de minerais máficos, representados por biotita ₂ (Bt ₂) titanita ₂ (Ttn ₂) e epidoto (Ep), todos anédricos	49
Figura 54 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-50C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando biotita ₁ (Bt ₁) e titanita ₁ (Ttn ₁), ambos ígneos e associados a biotita ₂ (Bt ₂), epidoto (Ep) e muscovita (Ms).	49
Figura 55 – Diagrama de classificação Al x Fe/(Fe + Mg) de Deer <i>et al.</i> (1992) aplicado para as micas escuras do metagranitoide Macuco de Minas	50
Figura 56 – Classificação dos grãos de biotita ₁ do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama ternário de Nockolds (1947).	50
Figura 57 – Classificação dos grãos de biotita ₁ do metagranitoide Macuco de Minas segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994)	50
Figura 58 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-48do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de biotita ₁ (Bt ₁) associado a grão subédrico de titanita ₂ (Ttn ₂) com núcleo de ilmenita (Ilm).	53

Figura 59 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-50C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal euédrico de allanita de aproximadamente 1 mm com geminação de <i>Calsbad</i> e com a borda envolvida por epidoto metamórfico.....	53
Figura 60 – Fotomicrografia da amostra CH-4B do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal euédrico de zircão (Zrn) com halo metamictico e zoneamento, além de biotita ₁ (Bt1) e titanita ₁ (Ttn1).	54
Figura 61 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-48 do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de zircão euédrico possivelmente herdado no núcleo de um cristal de zircão sobrecrecido.....	54
Figura 62 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-37 do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de zircão (Zrn) subédrico com diversas inclusões menores de apatita (círculo vermelho). Destaca-se neste grão a presença de um inclusão de zircão, que possui uma inclusão de apatita (Ap) em seu centro. Presença de um cristal subédrico de titanita ₁ (Ttn1) com inclusões de zircão e de um óxido de Fe, possivelmente magnetita (Mag), além de cristais anédricos de clorita (Chl).	55
Figura 63 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CA-11C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando grão de quartzo com diversas inclusões de cristais euédricos e alongados de apatita.....	55
Figura 64 – Fotomosaico em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino com textura equigranular	56
Figura 65 – Classificação do metagranitoide fino no diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) com campo dos granitoides destacado em vermelho.	56
Figura 66 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando grãos de quartzo sub-poligonizados e com contato de 120 graus.....	57
Figura 67 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando microfenocristal anédrico de microclínio com geminação <i>Tartan</i>	57
Figura 68 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH07 do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com intercrescimento peritítico, representado por lamelas de albita (Ab). Presença de cristais subédricos de biotita (Bt) ou anédricos de quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl).....	58
Figura 69 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com inclusões tabulares de plagioclásio saussuritizado (Pl)	58
Figura 70 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide fino no diagrama ternário de Deer <i>et al.</i> (1993).	58

Figura 71 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-93C do metagranitoide fino mostrando cristais de plagioclásio com núcleo saussuritizado..	59
Figura 72 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-93C do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de plagioclásio (Pl) envolvido por cristal de microclínio (Mc) e com bordas irregulares indicativas de reação.	59
Figura 73 – Minerais máficos marcando a orientação do metagranitoide fino (Amostra CH-07 com polarização paralela e cruzada).....	62
Figura 74 – Diagrama de classificação Al x Fe/(Fe + Mg) de Deer <i>et al.</i> (1992) aplicado para as micas escuras do metagranitoide fino.	66
Figura 75 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide fino no diagrama ternário de Nockolds (1947).	66
Figura 76 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide fino segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994).....	66
Figura 77 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-93C mostrando aglomerado de minerais máficos, representados por biotita (Bt), allanita (Aln), que está envolvida por epidoto (Ep) e ilmenita (Ilm) com titanita (Ttn) ao redor.....	67
Figura 78 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-93C mostrando cristal de biotita com inclusão de apatita (Ap) e de titanita (Ttn) com núcleo irregular de ilmenita (Ilm).	67
Figura 79 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-03 mostrando cristal euédrico de zircão (Zrn) com inclusão anédrica de thorita (Thr), gerada possivelmente por exsolução	68
Figura 80 – Fotomosaico em polarização cruzada da amostra CH-57 mostrando a variedade equigranular do metagranitoide com titanita	69
Figura 81 – Fotomosaico em polarização paralela da amostra CH-69A do metagranitoide com titanita mostrando a textura ocelar com núcleo de titanita (ocelos indicados pelas setas).	69
Figura 82 – Classificação do metagranitoide com titanita no diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) com campo dos granitoides destacado em vermelho	70
Figura 83 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando grãos de quartzo sub-poligonizados	70
Figura 84 – Fotomicrografia da amostra CH-57 mostrando um cristal tabular de plagioclásio com geminação polissintética bem marcada	71
Figura 85 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide com titanita no diagrama ternário de Deer <i>et al.</i> (1993).....	71

Figura 86 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-69B do metagranitoide com titanita mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com geminação <i>Tartan</i> ao lado de cristal de plagioclásio (Pl) com geminação polissintética	73
Figura 87 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando cristais subédricos tabulares de biotita (Bt), além de inclusão de zircão (Zrn)	73
Figura 88 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-60 do metagranitoide com titanita mostrando cristal tabular de biotita (Bt) com cristal de muscovita (Ms) metamórfica em seu centro	75
Figura 89 – Diagrama de classificação Al x Fe/(Fe + Mg) de Deer <i>et al.</i> (1992) aplicado para as micas escuras do metagranitoide fino	75
Figura 90 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide com titanita no diagrama ternário de Nockolds (1947).	76
Figura 91 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide com titanita segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994)	77
Figura 92 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-60 mostrando cristais euédricos de titanita com cerca de 0,8 mm de tamanho	78
Figura 93 – Fotomicrografias em polarização cruzada mostrando fenocristais de titanita no centro dos ocelos félsicos..	78
Figura 94 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-69A mostrando fenocristal de titanita (Ttn) com inclusões de microclínio (Mc), plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e biotita (Bt)	78
Figura 95 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando cristal de allanita (Aln) envolvido por epidoto (Ep) metamórfico. Além disso, destaca-se a presença de biotita (Bt).	79
Figura 96 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-69B do metagranitoide com titanita mostrando agregado de minerais máficos, composto por cristais de biotita (Bt) com inclusões de zircão (Zrn) e de titanita (Ttn) com inclusões de apatita (Ap). Além disso, destaca-se a presença de muscovita (Ms) metamórfica	79
Figura 97 – Modelo de formação da variedade porfírica do metagranitoide Macuco de Minas, baseado nas feições dos xenofenocristais de microclínio.	82
Figura 98 – Comparação entre a composição dos grãos de plagioclásio dos granitoides estudados, no diagrama de classificação de feldspatos de Deer <i>et al.</i> , 1992.	84

Figura 99 – Comparação entre os grãos de biotita dos granitoides estudados no diagrama de Deer *et al.* (1992). 85

Figura 100 – Comparação entre os grãos de biotita dos granitoides estudados em diagramas triangulares MgO x FeOt x Al₂O₃ 85

1 – INTRODUÇÃO

Segundo Streckeisen (1976), granitoides são rochas ígneas plutônicas que plotam no diagrama de classificação QAP nos campos dos tonalitos, granodioritos, monzogranitos, sienogranitos e dos álcali-feldspato granitos. Constituem o grupo de rochas mais abundantes na crosta continental, sendo formados em ambientes colisionais e distensivos (Gill, 2014). Portanto, seu estudo é de grande relevância para a interpretação da evolução de ambientes tectônicos, principalmente de arcos magmáticos mais antigos, onde outras informações são mais difíceis de serem obtidas

Dada a grande variedade de ambientes e processos envolvidos na formação de granitos, Chappell & White (1974) propuseram uma subdivisão baseada, principalmente em características mineralógicas e químicas: *i*) granitos tipo-I seriam formados por fusão parcial de rochas crustais metaígneas, tendo caráter metaluminoso ou peraluminoso e biotita e/ou hornblenda como minerais típicos; *ii*) granitos tipo-S teriam sua fonte associada à fusão parcial de rochas sedimentares, apontando para o caráter peraluminoso e a presença de muscovita e outros minerais aluminosos como granada, cordierita e cianita. O maior problema dessa subdivisão é que ela considera que os granitoides possuem uma fonte única, quando na verdade também podem ser formados por processos mais complexos. Ainda assim, uma classificação preliminar nos tipos S e I permite determinar importantes dados de fonte dos diferentes tipos de granitoides.

Granitoide são as rochas mais bem preservadas do Cinturão Mineiro e estão associados a evolução de pelo menos quatro arcos magmáticos denominados Cassiterita, Resende Costa, Serrinha e Ritápolis já foram reconhecidos no Cinturão Mineiro (Araújo *et al.*, 2019). O estudo das principais características desses corpos pode fornecer importantes informações a respeito de seus diferentes estágios evolutivos e sua ambiência tectônica e, nesse contexto, o estudo do metagranitoide Macuco de Minas, um dos mais importantes corpos félsicos do Cinturão Mineiro pode contribuir para o entendimento da evolução geológica do arco Ritápolis.

2 – OBJETIVO

A presente monografia de graduação tem como objetivo o estudo mineralógico e petrográfico do metagranitoide Macuco de Minas, visando compará-lo com outros corpos graníticos que afloram próximos e que fazem parte do Cinturão Mineiro. Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas as seguintes etapas:

- 1) Cartografia geológica na escala de 1:25.000, com a definição das relações de campo desse corpo com as rochas que afloram ao seu redor;
- 2) Integração dos dados obtidos durante as campanhas de campo realizadas com aqueles anteriormente produzidos pelo grupo de pesquisa dos professores Dr. Ciro Alexandre Ávila, Dr. Everton Marques Bongioiolo e Dr. Fabiano Richard Leite Faulstich;
- 3) Caracterização petrográfica e textural em microscópio ótico e por MEV-EDS do metagranitoide Macuco de Minas e dos corpos tonalíticos – graníticos associados;

3 – LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo está localizada no sudeste do estado de Minas Gerais, nas proximidades da cidade de Macuco de Minas, tendo cerca de 50 km² e sendo parcialmente delimitada a norte pelo Rio Grande (Figura 1). Essa envolve a parte sul das folhas 1:50.000 Nazareno e Lavras e a parte norte das folhas Itumirim e Itutinga, todas do IBGE (Figura 2).

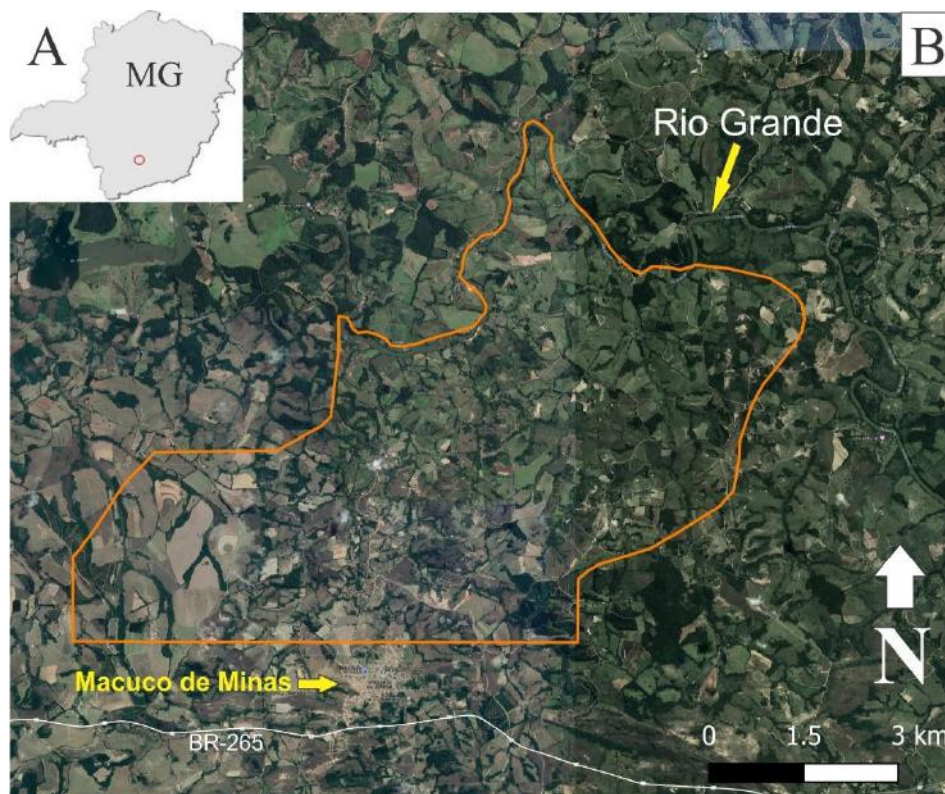


Figura 1 - Localização da área estudada. A: em relação ao Estado de Minas Gerais (circulado em vermelho). B: detalhe da localização da área estudada (polígono laranja), com o Rio Grande (limite norte da área) indicado.

NEPOMUCENO SF-23-I-II-2	LAVRAS SF-23-X-C-I-1	NAZARENO SF-23-X-C-I-2
CARMO DA CACHOEIRA SF-23-V-D-III-4	ITUMIRIM SF-23-X-C-I-3	ITUTINGA SF-23-X-C-I-4
TRÊS CORAÇÕES SF-23-V-D-VI-2	LUMINÁRIAS SF-23-X-C-IV-1	MINDURI SF-23-X-C-IV-2

Figura 2 - Articulação de cartas topográficas 1:50.000 do IBGE, com a área de estudo aproximada indicada pelo retângulo vermelho.

Partindo do Rio de Janeiro, o trajeto é realizado pela BR-040 até a cidade de Barbacena, seguida pela rodovia BR-265 até a cidade de Macuco de Minas, passando pelas cidades de Barroso, São João del Rei, São Sebastião da Vitória e Itutinga (Figura 3). A área estudada está situada à norte da cidade de Macuco de Minas, sendo parcialmente limitada pelo Rio Grande.

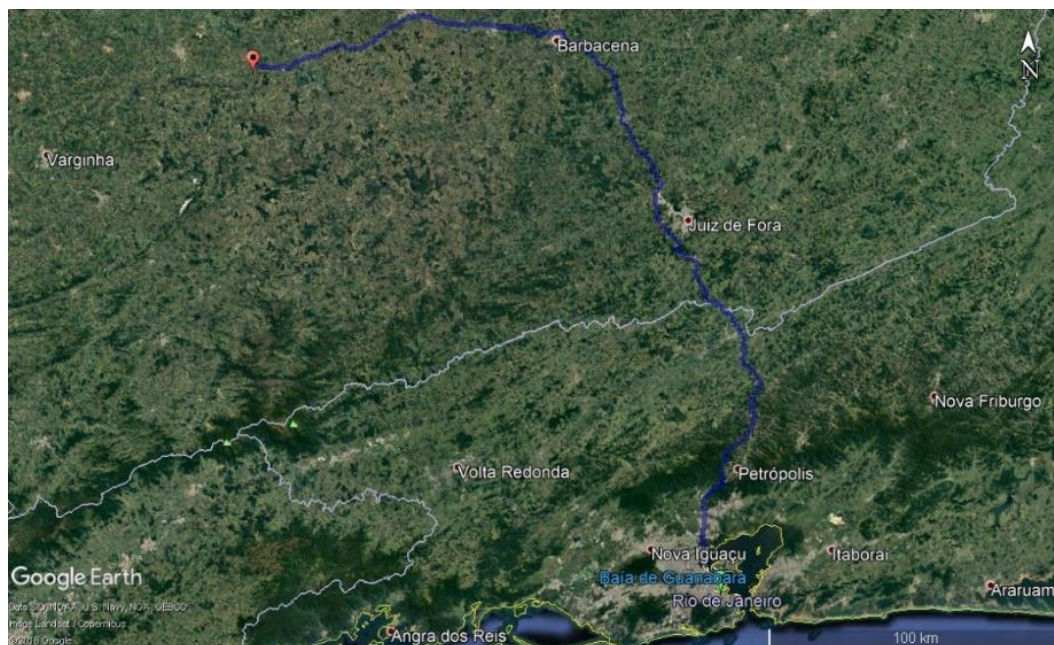


Figura 3 - Trajeto Rio de Janeiro – Macuco de Minas (retirado do Google Earth em 20/04/2019).

4 – METODOLOGIA

4.1 – Etapa pré-campo

Por conta da área estudada se encontrar no limite entre quatro folhas topográficas 1:50.000 do IBGE (Nazareno, Itutinga, Itumirim e Lavras), optou-se por adquirir um modelo digital de elevação com pixel de 12,5 m do satélite ALOS e, posteriormente, gerar as curvas de nível no software Esri ArcGIS 10.4, por meio do comando *contour*. As drenagens e estradas também foram traçadas no software, por meio de comparação com imagens de satélite. Os mapas de campo e de escritório foram confeccionados na escala de 1:25.000 visando facilitar a localização dos pontos estudados, bem como para possibilitar a inserção de pontos de campanhas de campo anteriores realizadas por Ritins (2017) e Cardoso (2018).

4.2 – Levantamento de campo

As campanhas de campo totalizaram 10 dias, tendo sido coletadas 69 amostras em 116 pontos visitados (Anexo III – Tabela de Pontos). A cartografia foi realizada tendo como base o mapa topográfico 1:25.000 confeccionado na etapa pré-campo, enquanto os pontos de campo foram localizados com auxílio do GPS *Garmin Etrex 10*, no *Datum* UTM Córrego Alegre, fuso 23K. As principais formas de exposição do metagranitoide Macuco de Minas são lajedos de tamanho variado, blocos de rocha sã a alterada, bem como saprólitos.

Foram descritas de maneira detalhada as variações texturais e mineralógicas do metagranitoide Macuco de Minas com auxílio de lupa de 10x e ímã de mão, enquanto medições estruturais foram realizadas com auxílio de bússola Brunton OSS 70M. Além disso, foram descritas as relações de campo do metagranitoide Macuco de Minas com as rochas que ocorrem ao seu redor, bem como aquelas que o intrudem.

4.3 – Atividades laboratoriais

4.3.1 – Petrografia

Foram confeccionadas 69 lâminas petrográficas no Laboratório de Laminação do Museu Nacional (LLMN) a partir das amostras coletadas nas campanhas de campo, sendo 28 do metagranitoide Macuco de Minas, 2 dos anfíbolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes, 24 de um metagranitoide fino, 8 de um metagranitoide com titanita e 6 do metadiorito Rio Grande (Tabela 1). Além disso, foram utilizadas apenas 3 lâminas coletadas em trabalhos anteriores, pois grande parte do acervo existente foi perdido com o incêndio do Museu Nacional em setembro de 2018.

A descrição das lâminas petrográficas foi realizada em um microscópio petrográfico de luz transmitida *Carl Zeiss* modelo *Axioskop 40* do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A captura das imagens foi realizada utilizando uma câmera *Axiocam MRc* com o auxílio do software *AxioVision 4.81*.

Tabela 1 – Lista de amostras coletadas para laminação durante as campanhas de campo.

Amostra	Litologia	Amostra	Litologia
CA-11A	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular	CH-50B	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CA-11C	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular	CH-50C	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CA-16C	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular	CH-51	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-02	Metagranitoide fino	CH-55A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-03	Metagranitoide fino	CH-55B	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CH-04A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-55C	Metagranitoide fino
CH-04B	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-55D	Metagranitoide fino
CH-07	Metagranitoide fino	CH-55E	Metagranitoide fino
CH-13	Metagranitoide fino	CH-56A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-18A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-56B	Metagranitoide fino
CH-18B	Metagranitoide fino	CH-56C	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CH-19A	Metagranitoide fino	CH-56D	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CH-19B	Metagranitoide fino	CH-56E	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-23A	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular	CH-56F	Metagranitoide fino
CH-23B	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-57	Metagranitoide com titanita
CH-23C	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-60	Metagranitoide com titanita
CH-23D	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-69A	Metagranitoide com titanita
CH-26	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-69B	Metagranitoide com titanita
CH-29A	Anfibolito	CH-69C	Metagranito hololeucocrático
CH-29B	Anfibolito	CH-74	Metagranitoide com titanita
CH-35A	Metadiorito Rio Grande	CH-75A	Metagranitoide com titanita
CH-35B	Metadiorito Rio Grande	CH-75B	Metagranitoide com titanita
CH-36A	Metadiorito Rio Grande	CH-75C	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CH-36B	Metadiorito Rio Grande	CH-78A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-36C	Metadiorito Rio Grande	CH-78B	Metagranitoide fino
CH-37	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-86A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-42	Metadiorito Rio Grande	CH-86B	Metagranitoide fino
CH-45A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-93A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-45B	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular	CH-93B	Metagranitoide com titanita
CH-45C	Metagranitoide fino	CH-93C	Metagranitoide fino
CH-46	Metagranitoide fino	CH-93D	Metagranitoide com titanita
CH-48A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-93E	Metagranitoide Macuco de Minas equigranular
CH-48B	Metagranitoide fino	CH-94A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-48C	Metagranitoide fino	CH-94B	Metagranitoide fino
CH-48D	Metagranitoide fino	CH-95	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico
CH-50A	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico	CH-97	Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico

A caracterização petrográfica seguiu um roteiro baseado na descrição das seguintes características: índice de cor (IC); textura da rocha; mineralogia essencial, acessória e secundária, bem como feições específicas dos minerais; ordem de cristalização e composição modal (quando possível) e classificação segundo Streckeisen (1976) para as rochas félsicas e intermediárias.

Foram montados fotomosaicos de todas as lâminas estudadas, a fim de facilitar o estudo das texturas e também a localização dos minerais para posterior análise em MEV/EDS.

4.3.2 – MEV-EDS

Com o objetivo de se determinar a composição química de feldspatos, micas e minerais acessórios, algumas lâminas previamente descritas em microscópio ótico foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura com espectrômetro de energia dispersiva de raios X (MEV-EDS).

As análises foram realizadas no Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), no equipamento *FEI Quanta 400*, com espectrômetro EDS *Bruker Quantax 800* e detector *XFlash 5010*. Para realizar o procedimento, as lâminas petrográficas inicialmente receberam recobrimento por um filme de carbono para facilitar a condução de elétrons. As condições do equipamento para a realização das análises foram alto-vácuo, tensão de aceleração de elétrons de 20kV e *spot size 5*. As imagens do microscópio eletrônico de varredura (MEV) foram geradas por detector de elétrons retroespalhados, onde os tons mais claros e escuros representam, respectivamente, as fases de pesos atômicos médios mais e menos elevados.

4.4 – Atividades de escritório pós-campo

A etapa de escritório pós-campo envolveu a compilação e organização dos dados coletados na cartografia geológica e nas etapas laboratoriais. O mapa final foi confeccionado nos *softwares QGIS Desktop 3.4.3* e *CorelDRAW X7*, considerando as relações de contato e os dados estruturais. As descrições petrográficas contribuíram para uma melhor definição, correlação e organização temporal dos litótipos. Alguns aspectos importantes em fotografias de campo foram realçados no *software CorelDRAW X7*. Os cálculos da química dos minerais analisados por EDS foram realizados no *software Microsoft Excel 2016*, seguindo um roteiro similar para todos os minerais, que consiste basicamente na normalização para 100% das análises, com posterior cálculo da fórmula do mineral baseando-se em uma quantidade de átomos de oxigênio fixa, retirada de Deer *et al.* (2013). Este procedimento foi utilizado para calcular a composição de cristais de feldspato, biotita, titanita e zircão.

5 - NOMENCLATURA

Esse capítulo visa detalhar as terminologias utilizadas nesse trabalho, afim de padronizar os conceitos e facilitar a leitura.

O índice de cor é determinado pela porcentagem de minerais máficos presentes na rocha e envolve principalmente biotita, hornblenda, clorita, titanita, allanita e opacos. Os intervalos do índice de cor adotados seguem o padrão definido por Streckeisen (1976), como visto na Tabela 2. A classificação das texturas das rochas ígneas seguiu o padrão definido por Williams *et al.* (1970), que as divide em afaníticas e faneríticas, sendo que as últimas podem ser equigranulares, porfiríticas ou seriadas (Tabela 3). A classificação da granulação dos minerais presentes nas rochas ígneas é aquela sugerida por Williams *et al.* (1970), como apresentado na Tabela 4.

Tabela 2 – Classificação de índice de cor segundo Streckeisen (1976).

Índice de cor	% de minerais máficos
Hololeucocrática	0 -10%
Leucocrática	10 - 35%
Mesocrática	35 - 65%
Melanocrática	65 - 90%
Holomelanocrática	90 - 100%

Tabela 3 – Classificação textural de rochas ígneas segundo Williams *et al.* (1970).

Textura	Descrição
Afanítica	Maioria dos constituintes não pode ser diferenciada à olho nu.
Fanerítica	Constituintes podem ser diferenciados à olho nu.
Equigranular	Maioria dos minerais da rocha são equidimensionais.
Porfirítica	Cristais maiores (fenocristais) imersos em matriz de granulação mais fina ou vítrea.
Seriada	Cristais apresentam ampla variação de tamanho.

Tabela 4 – Granulação de rochas ígneas segundo Williams *et al.* (1970).

Granulação	Tamanho dos cristais
Fina	< 1 mm
Média	1 – 5 mm
Grossa	5 mm – 3 cm
Muito grossa	> 3 cm

A nomenclatura das rochas com menos de 90% de minerais máficos tem como base o diagrama QAP de Streckeisen (1976). Neste diagrama, o campo dos granitoides é representado pelo intervalo entre 20 a 60 % de quartzo, relativo ao somatório de quartzo, plagioclásio e álcali-feldspato (Figura 4). A distinção entre rochas dioríticas e gabróicas baseou-se nos aspectos sumarizados na Tabela 5.

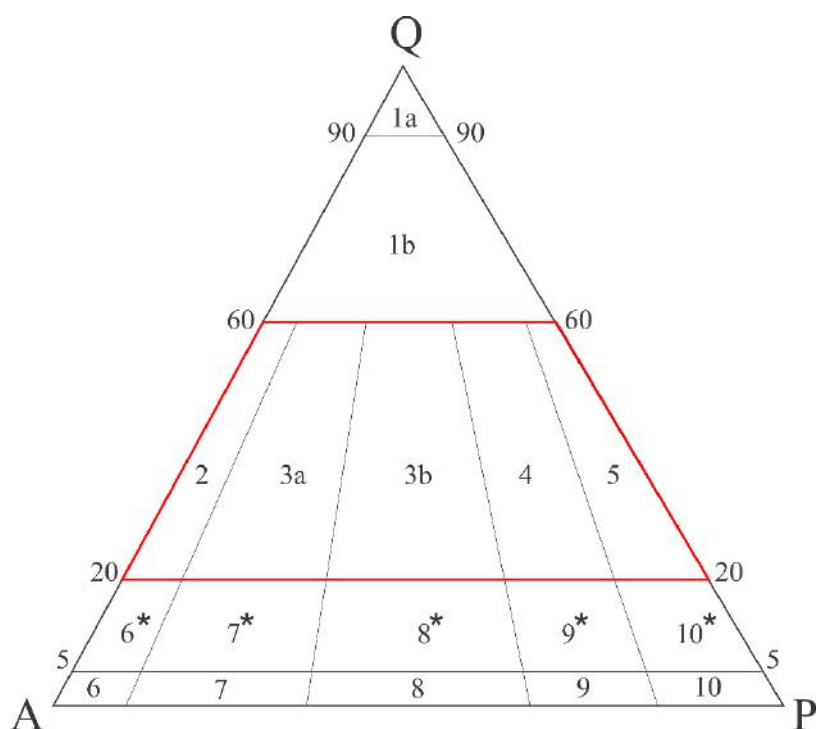


Figura 4 – Diagrama QAP para rochas plutônicas de Streckeisen (1976) com campo dos granitoides destacado em vermelho. 1a - Quartzolito (silexito); 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali-feldspato granito; 3a - Sienogranito; 3b - Monzogranito; 4 - Granodiorito; 5 - Tonalito; 6* - Quartzo álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro/ Quartzo anortosito; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 - Sienito; 8 - Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro; 10 - Diorito/gabro/anortosito.

Tabela 5 – Diferenças básicas entre dioritos e gabros.

Rocha	Diorito	Gabro
Mineral máfico principal	Anfibólio	Clinopiroxênio
Composição do plagioclásio	Sódico ($< An_{50}$)	Cálcico ($> An_{50}$)
Índice de Cor	Menor (rocha mesocrática)	Mais elevado (rocha melanocrática)

O prefixo “meta” foi utilizado para nomear rochas metamórficas de origem ígnea que preservam parcialmente a textura e/ou a mineralogia do protólito. Desta forma, um metagranitoide porfirítico é uma rocha metaígneia que tem preservada a textura porfirítica de seu protólito e parte do contorno dos fenocristais. Localmente essa rocha pode ter sua textura primária modificada pela deformação e ser transformada em um gnaiss ou milonito.

Foram adotadas as abreviações de minerais propostas por Whitney & Evans (2010) visando a padronização de sua representação em fotomicrografias, imagens de elétrons retroespalhados em MEV/EDS e nas figuras (Tabela 6). Para o mineral hialofano, não incluído em Whitney & Evans (2010), foi utilizada a abreviação Hia.

Enclaves são qualquer fragmento de rocha envolvido por uma rocha encaixante. A classificação de enclaves adotada se baseia na proposta de Didier & Barbarin (1991), que

utilizaram os termos xenólito e xenocristal para descrever, respectivamente, fragmentos e cristais da rocha encaixante. O termo xenofenocristal está aqui sendo proposto para descrever xenocristais muito grandes, cujo tamanho é superior ao dos demais minerais da rocha.

Tabela 6 – Abreviação dos minerais segundo Whitney & Evans (2010).

Mineral	Abreviação	Mineral	Abreviação	Mineral	Abreviação
Albita	Ab	Clorita	Chl	Opaco	Opq
Allanita	Aln	Epidoto	Ep	Pargasita	Prg
Anfibólio	Amp	Hornblenda	Hbl	Plagioclásio	Pl
Anortita	Na	Ilmenita	Ilm	Quartzo	Qz
Apatita	Ap	Magnetita	Mag	Thorita	Thr
Biotita	Bt	Microclínio	Mc	Titanita	Ttn
Carbonato	Cb	Muscovita	Ms	Zircão	Zrn

Uma textura pouco conhecida que foi identificada em rochas desse trabalho é a textura ocelar com núcleo de titanita. Ela é definida pela presença de agregados félsicos de formato arredondado ou elíptico, compostos por quartzo e feldspato e com um cristal de titanita euédrico ou esquelético em seu centro.

Outras rochas que ocorrem comumente na região estudada são:

- 1) Hornblendito: Rocha ígnea plutônica composta por mais de 90% de hornblenda.
- 2) Anfibolito: Rocha metamórfica composta principalmente por anfibólio e plagioclásio. No presente trabalho, envolvem somente anfibolitos ortoderivados, que seriam oriundos da transformação metamórfica de antigas rochas ígneas básicas.
- 3) Milonitos: Rochas metamórficas foliadas, marcadas por intensa recristalização dos seus minerais, formadas geralmente em zonas de cisalhamento dúctil. São subdivididas quanto ao grau de recristalização, do menor para o maior, em protomilonitos, milonitos *stricto sensu* e ultramilonitos.

6 – GEOLOGIA REGIONAL

O metagranitoide Macuco de Minas encontra-se inserido no contexto evolutivo do Cinturão Mineiro, que está localizado na borda meridional do Cráton do São Francisco. Este capítulo visa contextualizar regionalmente a geologia da região estudada, buscando caracterizar a evolução geológica e geocronológica das principais litologias encontradas.

6.1 – Cráton do São Francisco

O Cráton do São Francisco (Almeida, 1977) é uma unidade geotectônica que permaneceu tectonicamente estável durante o ciclo brasileiro (900 a 490 Ma), sendo delimitado pelas faixas móveis neoproterozoicas Brasília, Ribeira, Araçuaí, Sergipana, Riacho do Pontal e Rio Preto (Figura 5). A borda meridional do Cráton do São Francisco envolve rochas arqueanas, representadas pelos litótipos dos complexos metamórficos Campo Belo, Passa Quatro, Bonfim e Belo Horizonte, bem como rochas paleoproterozoicas do Cinturão Mineiro (Alkmim & Teixeira, 2017).

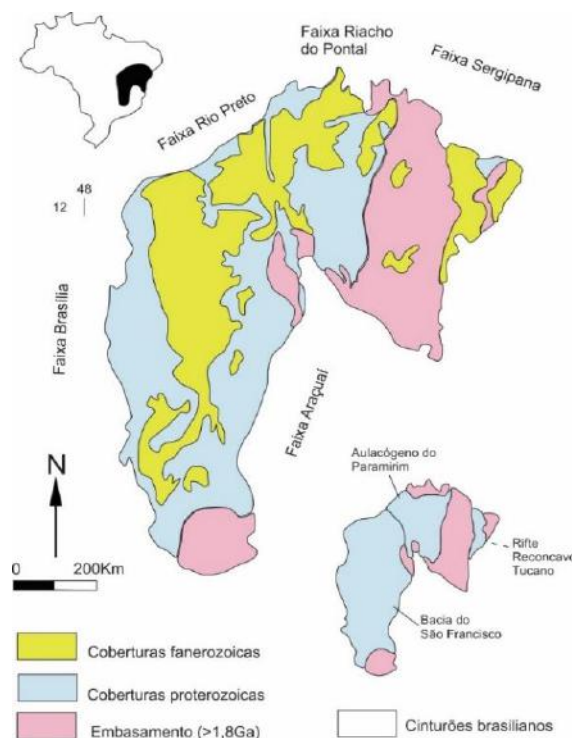


Figura 5 – Contorno aproximado do Cráton do São Francisco e distribuição das faixas móveis que o envolvem segundo Alkmim *et al.* (1993).

6.2 – Embasamento arqueano

No sul do Cráton do São Francisco (Figura 6), o embasamento arqueano envolve uma grande variedade de litótipos, destacando-se o magmatismo TTG, acompanhado da formação

de sequências *greenstone belts*, de corpos metaultramáficos e de corpos graníticos potássicos. Na região do Quadrilátero Ferrífero e entorno foram identificados três eventos de formação de corpos TTGs (Lana *et al.*, 2013): evento Santa Bárbara, com idades entre 3220-3200 Ma, que é representado principalmente pelos gnaisses do Complexo Metamórfico Santa Bárbara; evento Rio das Velhas I entre 2930-2900 Ma envolvendo gnaisses tonalíticos-trondhjemíticos associados aos complexos metamórficos Bonfim e Bação; e evento Rio das Velhas II (2800–2770 Ma) caracterizado por gnaisses e plutons TTGs dos complexos metamórficos Caeté e Belo Horizonte.

Durante o transcorrer do evento Rio das Velhas II também foram formadas rochas do *greenstone belt* Rio das Velhas, sendo que sua estratigrafia é representada por litotipos metamáficos, metaultramáficos e metassedimentares (filitos, quartzitos, BIFs, quartzo dolomitos e quartzo arenitos) do Grupo Nova Lima (Figura 7) e por quartzitos e conglomerados do Grupo Maquiné (Noce *et al.*, 2005; Baltazar & Zucchetti, 2007).

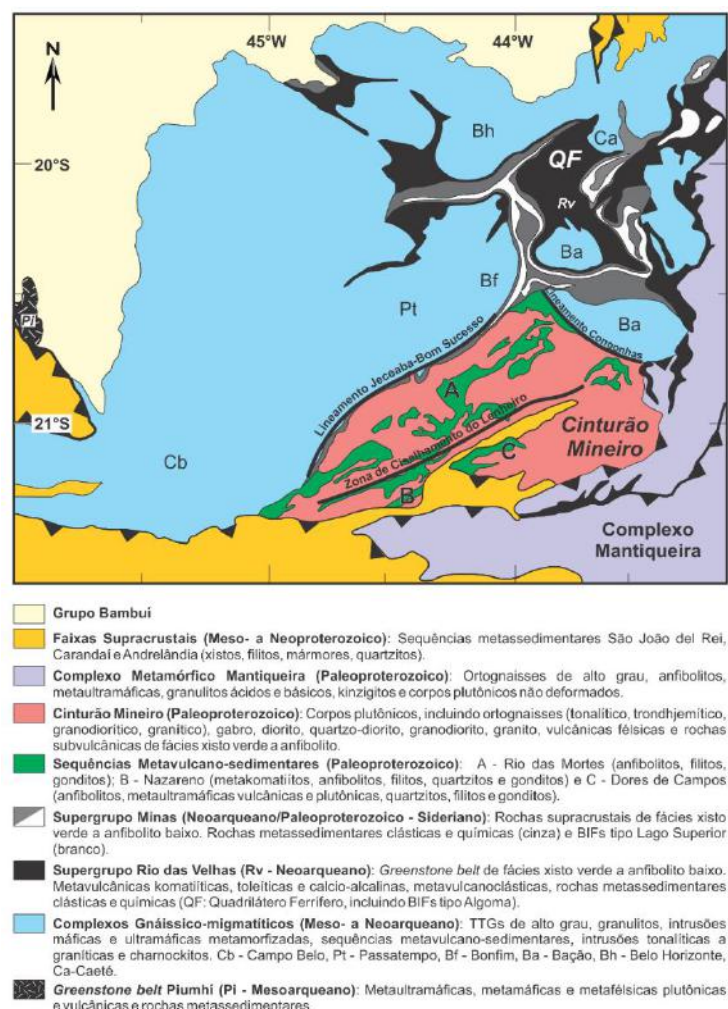


Figura 6 – Mapa geológico da borda meridional do Cráton do São Francisco com destaque para o Cinturão Mineiro (Ávila *et al.*, 2014).

Os grupos Tamanduá e Caraça consistem de metarenitos e metaconglomerados aluviais, que gradam para pelitos com lentes de *chert* e dolomitos da Formação Batatal. O Grupo Itabira representa a continuação da transgressão marinha iniciada no Grupo Caraça e é composto por rochas sedimentares de origem química, representadas por BIFs e margas dolomíticas da Formação Cauê, bem como por rochas carbonáticas da Formação Gandarela, que apresentam idade de 2420 ± 19 Ma (Babinski *et al.*, 1995). O Grupo Piracicaba é representado por arenitos e pelitos deltaicos da Formação Cercadinho, enquanto as Formações Fecho do Funil, Taboões e Barreiro são constituídas principalmente por pelitos, arenitos e folhelhos carbonosos.

O Grupo Sabará ocorre sobreposto ao Grupo Piracicaba, possui idade máxima de deposição de 2125 ± 4 Ma (Machado *et al.*, 1992), é separado dos demais grupos por uma discordância regional e encontra-se representado por pelitos, vaques, arenitos e conglomerados associados a espessas sequências *flysch*. A área fonte dos sedimentos do Grupo Sabará envolve tanto rochas arqueanas dos complexos metamórficos, quanto paleoproterozoicas do Cinturão Mineiro (Alkmim & Teixeira, 2017). Devido a sua idade mais jovem e ao ambiente orogênico de formação, Ávila *et al.* (2014) sugeriram a separação do Grupo Sabará dos demais grupos do Supergrupo Minas (Tamanduá, Itabira, Caraça e Piracicaba), cuja deposição está associada a uma margem passiva.

6.4 – Cinturão Mineiro

O Cinturão Mineiro (Figura 6), corresponde a uma unidade desenvolvida somente durante o Paleoproterozoico e foi constituído pela acreção ao paleoncontinente arqueano de pelo menos quatro arcos magmáticos designados de Cassiterita, Resende Costa, Serrinha e Ritápolis (Araújo *et al.*, 2019). Esses arcos envolvem rochas metavulcanossedimentares siderianas e riacianas, bem como ortognaisses e rochas metaígneas plutônicas, subvulcânicas e vulcânicas (Figura 8).

6.4.1 – Sequências metavulcanossedimentares

No Cinturão Mineiro afloram rochas associadas a pelo menos cinco diferentes sequências metavulcanossedimentares, denominadas Rio das Mortes, Nazareno, Dolores de Campos, Restinga de Baixo e Congonhas - Itaverava (Ávila *et al.*, 2010; Teixeira *et al.*, 2015), cuja idade está sumarizada na Tabela 7.

A sequência Restinga de Baixo aflora próxima a região de Resende Costa e é representada por piroxênio anfíbolitos (Teixeira *et al.*, 2015). A sequência Congonhas - Itaverava aflora na porção leste do Cinturão Mineiro, próximo ao Quadrilátero Ferrífero, e é

representada por metabasaltos e metakomatiíitos que ocorrem intercalados com metapelitos carbonáceos, margas e BIFs na sua unidade inferior e por espessos pacotes de margas, metapelitos carbonáceos, BIFs e metacherts em sua unidade superior (Teixeira *et al.*, 2015).

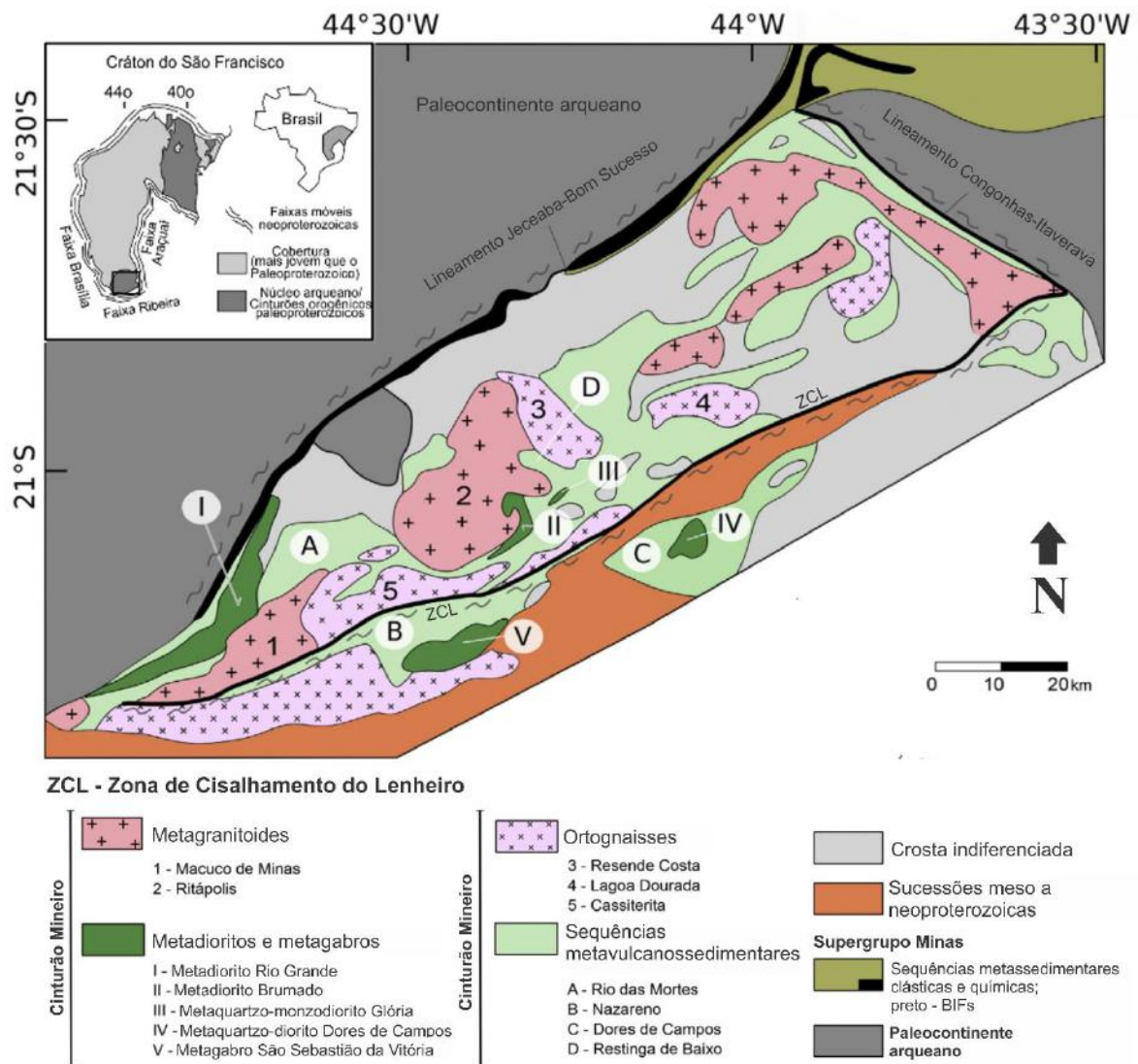


Figura 8 – Mapa geológico do Cinturão Mineiro. Retirado de Cardoso *et al.* (2019).

A sequência Nazareno é representada por metakomatiíitos com textura *spinifex* preservada, xistos ultramáficos, anfíbolitos e rochas metassedimentares subordinadas (Ávila *et al.*, 2012). A sequência Rio das Mortes é composta por anfíbolitos toleíticos, filitos e gonditos, com presença subordinada de rochas metaultramáficas (Ávila *et al.*, 2012). Destaca-se que a zona de cisalhamento do Lenheiro limita essas duas sequências metavulcanossedimentares (Figura 8). A sequência Dolores de Campos ocorre à sul da cidade de Tiradentes, é representada por anfíbolitos toleíticos, rochas metaultramáficas e escassas rochas metassedimentares (Ávila *et al.*, 2012).

Tabela 7 – Idade das sequências metavulcanossedimentares do Cinturão Mineiro

Sequência metavulcanossedimentar	Idade
Congonhas – Itaverava	2349 ± 14 Ma (idade máxima de deposição; (Teixeira <i>et al.</i> , 2015)
Restinga de Baixo	2317 ± 51 Ma (Teixeira <i>et al.</i> , 2015)
Nazareno	2267 ± 14 Ma a 2223 ± 4 Ma (Ávila <i>et al.</i> , 2012)
Dores de Campos	2255 ± 51 Ma (Ávila <i>et al.</i> , 2012)
Rio das Mortes	2231 ± 5 Ma a 2202 ± 11 Ma (Ávila <i>et al.</i> , 2012)

6.4.2 – Arco Cassiterita

O ortogneisse Cassiterita corresponde ao principal corpo desse arco, possui cerca de 300 km² de área e apresenta idade entre 2472 ± 11 Ma e 2414 ± 29 Ma (Barbosa *et al.*, 2019). É delimitado a sul pela zona de cisalhamento do Lenheiro, a norte pela sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes e a oeste pelo metagranitoide Macuco de Minas (Figura 8). Possui assinatura TTG, valores de ϵ_{Nd} positivos (entre +1,3 e +5,2) e baixo $^{87}Sr/^{86}Sr_i$ (0,700 a 0,702), apontando que sua gênese envolveria uma fonte mantélica enriquecida.

6.4.3 – Arco Resende Costa

O Arco Resende Costa ocorre ao norte da zona de cisalhamento do Lenheiro (Figura 8) e é representado pelos ortogneisses Resende Costa e Ramos, pelos plútons da suíte Lagoa Dourada e pelas rochas das sequências metavulcanossedimentares Restinga de Baixo e Congonhas - Itaverava (Teixeira *et al.*, 2015; Seixas *et al.*, 2012). Os corpos ígneos desse arco possuem composição tonalítica a trondhjemitica, idades de cristalização entre 2351 ± 48 Ma e 2317 ± 16 Ma e estão associados à fusão de uma fonte toleítica com curta residência crustal.

6.4.4 – Arco Serrinha

O Arco Serrinha aflora à sul da zona de cisalhamento do Lenheiro e compreende a sequência metavulcanossedimentar Nazareno, a sequência metassedimentar Estação de Tiradentes e os corpos das suítes Serrinha e Tiradentes (Ávila *et al.*, 2010; 2014), sendo que a suíte Serrinha é representada pelo quartzo diorito do Brito, os granodioritos Brumado de Cima e Brumado de Baixo, granófiros e rochas vulcânicas e subvulcânicas félsicas, que variam em idade de 2211 ± 22 Ma a 2227 ± 22 Ma (Ávila *et al.*, 2010). A Suíte Tiradentes, por sua vez, é composta basicamente por rochas vulcânicas e subvulcânicas, como andesitos, dacitos, granófiros e tonalitos, cujas idades variam de 2204 ± 11 Ma a 2217 ± 23 Ma (Ávila *et al.*, 2014).

No geral, as rochas do Arco Serrinha são de nível crustal mais raso se comparadas àquelas dos demais arcos do Cinturão Mineiro e tem sua fonte associada a fusão parcial de rochas metamáficas de parte da litosfera oceânica em um ambiente de convergência oceano-oceano (Ávila *et al.*, 2014).

6.4.5 – Arco Ritápolis

O Arco Ritápolis compreende uma série de corpos com idade entre 2190 e 2100 Ma (Tabela 8), que ocorrem a norte da zona de cisalhamento do Lenheiro (Figura 8). Esses são representados pelos ortognaisses Fé, Ribeirão dos Mosquitos, Glória e Morro do Resende, pelos metadioritos Rio Grande e Brumado e pelos metagranitoides Ritápolis e Macuco de Minas.

Tabela 8 – Idade dos corpos constituintes do arco Ritápolis.

Rocha	Idade
Ortognaisse Fé	2191 ± 9 Ma (Teixeira <i>et al.</i> , 2008)
Ortognaisse Glória	2189 ± 29 Ma (Ávila <i>et al.</i> , 2006)
Ortognaisse Morro do Resende	2174 ± 4 Ma (Vasconcelos <i>et al.</i> , 2017)
Ortognaisse Ribeirão dos Mosquitos	2146 ± 5 Ma (Ávila <i>et al.</i> , 2015)
Metadiorito Rio Grande	2128 ± 24 Ma a 2102 ± 33 Ma (Cardoso <i>et al.</i> , 2019)
Metadiorito Brumado	2124 ± 6 Ma - Cardoso <i>et al.</i> , 2019
Metagranitoide Ritápolis	2121 ± 7 Ma a 2149 ± 10 (Ávila, 2000; Barbosa <i>et al.</i> , 2015)
Metagranitoide Macuco de Minas	2126 ± 21 Ma a 2114 ± 6 Ma (Barbosa <i>et al.</i> , 2015)

As rochas desses corpos são cálcio-alcálinas e cálcio-alcálinas de alto K e possuem valores de ϵ_{Nd} entre -6,7 e -1,0, o que aponta para a fusão de uma fonte crustal, diferente dos demais arcos do Cinturão Mineiro. Cardoso *et al.* (2019) dataram um grão de zircão herdado no metadiorito Rio Grande em 2348 ± 11 Ma, idade compatível com as rochas do Arco Resende Costa, indicando que este possivelmente corresponde a parte do embasamento dos corpos do arco Ritápolis (Figura 9).

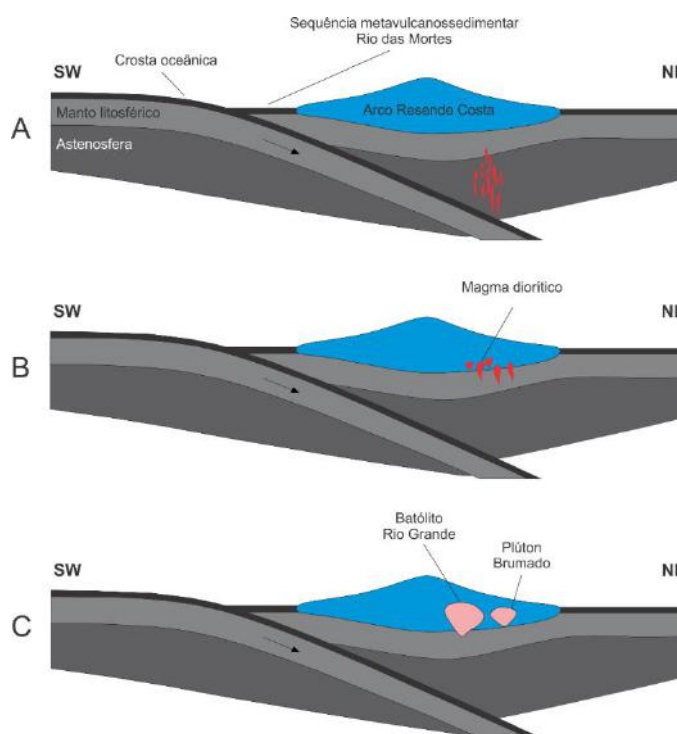


Figura 9 – Modelo esquemático da evolução do Arco Ritápolis, com foco nos metadioritos Rio Grande e Brumado. (a) Fluidos liberados da litosfera subductada ascendem. (b) Fusão hidratada do manto gera magma diorítico que ascende pela crosta pré-existente, que corresponde ao Arco Resende Costa. (c) Cristalização dos corpos dioríticos ao longo da crosta Resende Costa. Adaptado de Cardoso *et al.* (2019).

7 – ASPECTOS DE CAMPO DAS UNIDADES MAPEADAS

7.1 – Introdução

Este capítulo busca detalhar as feições de campo dos corpos descritos durante o mapeamento geológico na escala 1:25.000 (Anexo I – Mapa Geológico). Essas unidades estão inseridas no contexto geológico do Cinturão Mineiro e serão apresentadas em ordem decrescente de idade.

7.2 – Anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes

As rochas anfibolíticas observadas em campo estão geralmente intemperizadas, formam um saprólito avermelhado e afloram em poucos pontos, normalmente cortes de estrada (Figura 10). O anfibolito é uma rocha de granulação fina a média, composta por níveis milimétricos máficos ricos em anfibólio, que estão intercalados com níveis félsicos ricos em plagioclásio e quartzo. Podem apresentar veios de quartzo desde milimétricos até 1 cm de espessura concordantes com a orientação da rocha (Figura 11). Sua foliação é subvertical e mergulha para SE.



Figura 10 – Exposição de anfibolito da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes em corte de estrada com foliação subvertical (Ponto CH-29).



Figura 11 – Amostra do anfibolito composto pela intercalação de níveis milimétricos félsicos enriquecidos em plagioclásio + quartzo e níveis máficos ricos em anfibólio. Notar a presença de veio de quartzo concordante com a foliação no topo da amostra (indicado pela seta vermelha) (Ponto CH-29).

7.3 – Metadiorito Rio Grande

As exposições do metadiorito Rio Grande na área de estudo estão associadas a grandes lajedos que se concentram ao longo do rio homônimo (Figura 12) e em uma ocorrência em meio as rochas anfibolíticas da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes (Anexo I – Mapa Geológico). Varia de leucocrático a mesocrático, exibe normalmente textura porfirítica, com fenocristais de plagioclásio de até 2 cm, com forma desde tabular até *augen*, sendo que os fenocristais estão imersos em matriz média composta por anfibólio e biotita (Figura 13). Descrições mais detalhadas desse corpo podem ser encontradas em Cardoso (2018) e Cardoso *et al.* (2019).



Figura 12 – Afloramento do metadiorito Rio Grande ao longo do Rio Grande (Ponto CH-34).



Figura 13 – Metadiorito Rio Grande com fenocristais de plagioclásio com cerca de 1,5 cm de tamanho (circulado em amarelo). Foliação da rocha é marcada pela orientação dos minerais máficos (anfíbólio e biotita) e dos cristais de plagioclásio (Ponto CH-34).

Destaca-se no metadiorito Rio Grande a presença de enclaves de hornblendito e xenólitos de anfibolitos, que serão sumariamente descritos.

1) Hornblendito: holomelanocráticos, de granulação média a grossa, que variam amplamente em relação ao tamanho e estão orientados segundo a direção da foliação da rocha hospedeira (Figura 14). Exibem feições de assimilação parcial com fragmentos com contatos irregulares (Figura 15A) ou podem estar representados por cristais centimétricos de anfíbólio (Figura 15B). Enclaves semelhantes foram descritos por Cardoso (2018) nesse mesmo corpo na porção norte do Rio Grande.

2) Anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes: de granulação fina, mesocráticos e compostos por anfíbólio e plagioclásio. Estão orientados conforme a foliação e estão frequentemente estirados (Figuras 16A e B).



Figura 14 – Metadiorito Rio Grande com foliação bem marcada (indicada pela orientação da lapiseira) e com enclaves de hornblendito orientados segundo a foliação (circulados em amarelo) (Ponto CH-15).

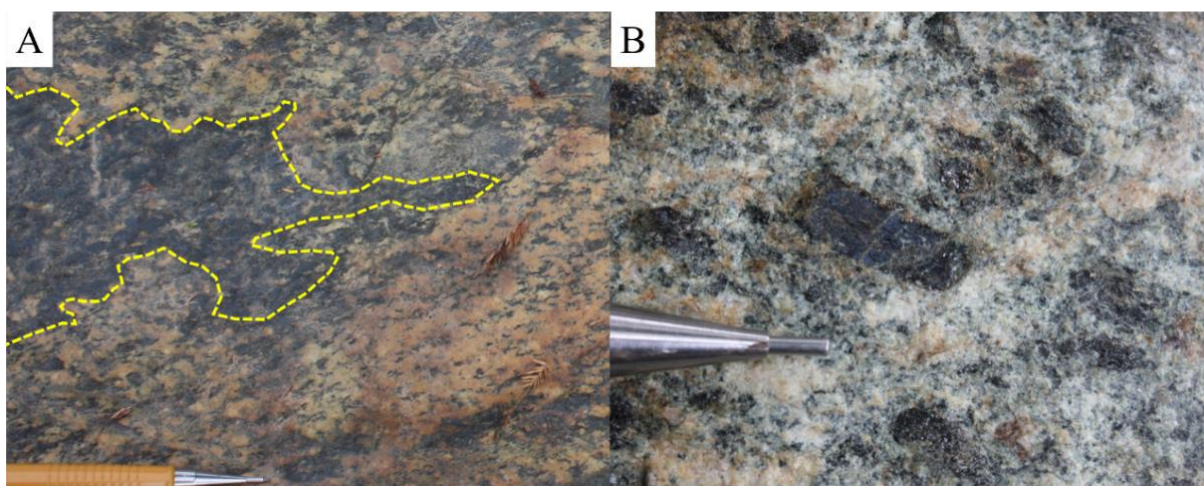


Figura 15 – Enclaves no metadiorito Rio Grande. A: Hornblendito com formato irregular (contorno em amarelo) e parcialmente assimilado (Ponto CH-34). B: Cristal tabular centimétrico de anfibólio do hornblendito em meio ao diorito (Ponto CH-35).

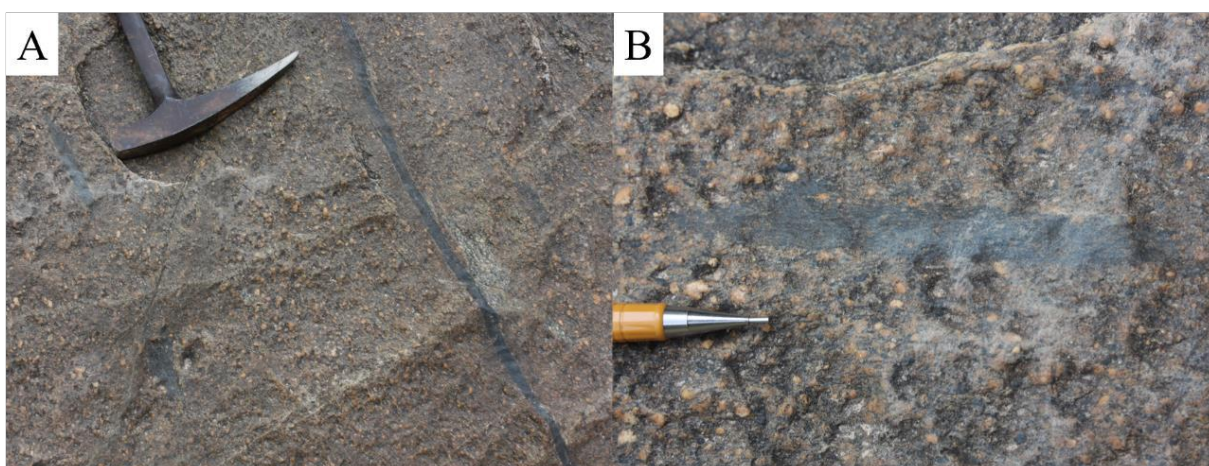


Figura 16 – Xenólitos de anfibolito da Sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes. A: Alongados e delgados. B: Detalhe em um xenólito alongado de anfibolito, de granulação fina e com foliação concordante com aquela marcada no metadiorito (Ponto CH-36).

O metadiorito Rio Grande é cortado por diques de até 1 m de espessura de um metagranitoide fino a médio (Figuras 17A e B), leucocrático, equigranular e isotrópico composto por quartzo, feldspato e biotita. Observou-se, ainda, a presença de veios de pegmatito, que variam de centimétricos até 0,5 m de espessura, que podem ser tanto concordantes quanto discordantes a foliação do metadiorito.



Figura 17 – Diques de metagranito fino intrusivos no metadiorito Rio Grande. A: Bloco mostrando um dique de metagranito (pontilhado amarelo) intrudindo o metadiorito Rio Grande. B: Amostra exibindo contato brusco entre o dique de metagranito fino (esquerda) e o metadiorito (direita) (Ponto CH-35).

7.4 – Metagranitoide Macuco de Minas

7.4.1 – Aspectos gerais

Principal corpo da área de estudo, o metagranitoide Macuco de Minas é delimitado à norte pela sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes e pelo metadiorito Rio Grande e à sul pelo metagranitoide Represa de Camargos (Anexo I – Mapa geológico). Sua principal forma de exposição está relacionada a presença de grandes lajedos (Figura 18) e, mais raramente, blocos. Quando alterado, forma um saprólito esbranquiçado (Figura 19A), podendo também ser encontrado como injeções que intrudem os anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes (Figura 19B).



Figura 18 – Lajedo do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-05).

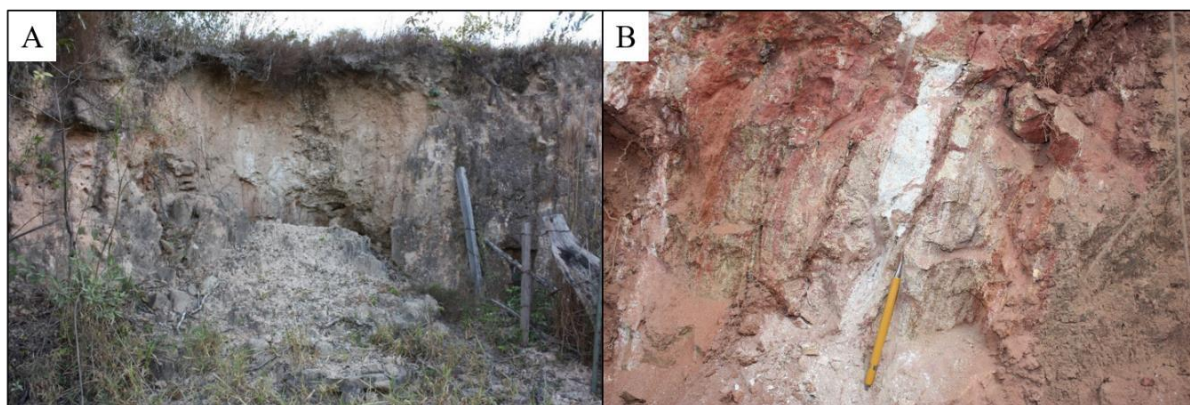


Figura 19 – Coloração dos saprólitos da área estudada. A: esbranquiçado do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-08). B: injeção félsica (branca) intrudindo anfibolito da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes. Hoje o conjunto está intemperizado e o saprólito marrom é do anfibolito e o branco atribuído ao metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-11).

Em campo, o metagranitoide Macuco de Minas é um corpo leucocrático de granulação média a grossa, exibindo duas fácies: porfirítica e equigranular. A fácies porfirítica possui fenocristais de feldspato com até 5 cm de tamanho em relação ao seu maior eixo, que podem ser tabulares retangulares, euédricos (Figura 20A), anastomosados ou *augen* (Figura 20B). Os fenocristais estão imersos em uma matriz média a grossa composta por quartzo, feldspato, biotita, allanita e titanita. Os fenocristais compõem de 3 a 40% da rocha e podem estar distribuídos maneira caótica em meio à matriz ou estarem orientados concordantes à foliação (Figura 21).

A fácies equigranular do metagranitoide Macuco de Minas possui granulação média e é composta por cristais anédricos a subédricos de quartzo e feldspato, além de biotita, allanita e titanita (Figura 22). Sua foliação geralmente é incipiente e marcada pela orientação dos grãos de biotita. A fácies equigranular do metagranitoide Macuco de Minas geralmente ocorre junto à fácies porfirítica, podendo inclusive se observar o contato entre ambas (Figura 23).

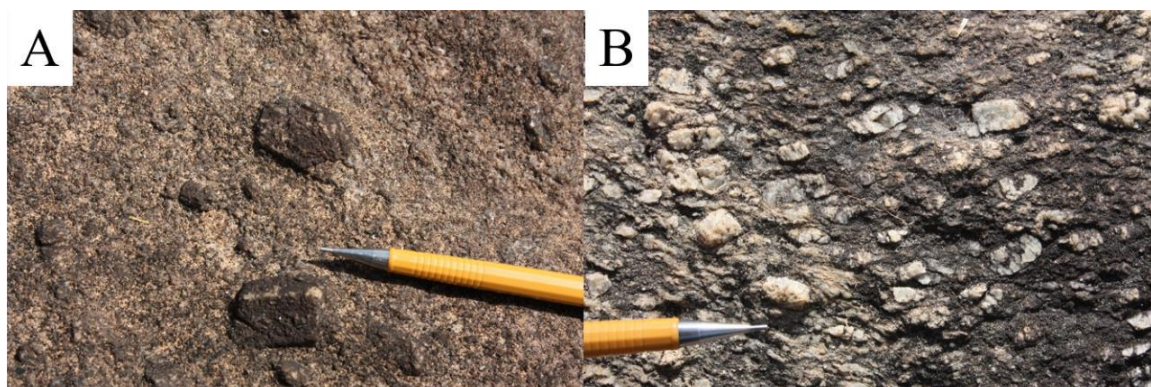


Figura 20 – Fenocristais de feldspato do metagranitoide Macuco de Minas com diferentes formas. A: euédricos e tabulares com relevo positivo em variedade incipientemente deformada (Ponto CH-45). B: formato *augen* em variedade com foliação bem marcada. Destaca-se a variação na proporção de fenocristais (Ponto CH-04).



Figura 21 – Afloramento do metagranitoide Macuco de Minas exibindo fenocristais de feldspato euédricos e tabulares, que representam até 15% da rocha, sendo que esses estão incipientemente orientados segundo a foliação (Ponto CH-45).



Figura 22 – Variedade equigranular do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-23).

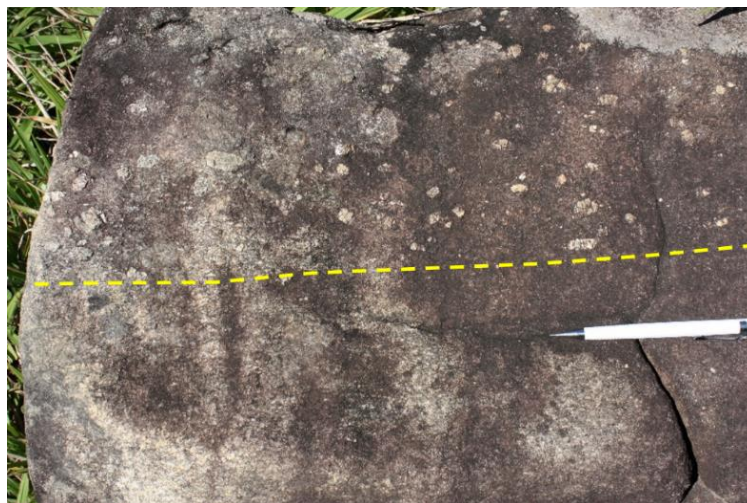


Figura 23 – Possível contato (tracejado amarelo) entre rochas de fácies porfírica (parte superior) e equigranular (parte inferior) do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-73).

7.4.2 - Enclaves

O metagranitoide Macuco de Minas apresenta grande variedade de enclaves máficos e félsicos que são representados por:

- 1) Xenólitos de antigos anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes: geralmente possuem granulação média, são compostos quase que exclusivamente por biotita e exibem forma de charuto orientado segundo a direção da foliação (Figura 24). São facilmente identificáveis por conta de seu relevo negativo, que é decorrente da menor resistência ao intemperismo dos seus constituintes (Figura 25).
- 2) Xenólito do ortognaisse Cassiterita: de granulação média, foliado e composto por quartzo, plagioclásio e biotita. Esse enclave foi observado no ponto CH-86 (Anexo III – Tabela de pontos) e datado por U-Pb por Barbosa *et al.* (2019), apresentando idade de 2462 ± 16 Ma.



Figura 24 – Xenólito biotítico alongado da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes no metagranitoide Macuco de Minas. Notar que o xenólito está orientado concordantemente com a foliação (Ponto CH-04).



Figura 25 – Xenólitos máficos ricos em biotita e com relevo negativo orientado segundo a direção da foliação do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-37).

- 3) Xenólitos de rochas porfíricas de granulação grossa com fenocristais de feldspato potássico de até 4 cm (Figura 26). Podem ultrapassar 1 m de tamanho e possuem formato alongado.
- 4) Xenólitos de gnaisses félsicos deformados com níveis biotíticos milimétricos, bem como cristais de quartzo e feldspato fitados, além de fenocristais de feldspato com formato *augen*. Possuem formato alongado e, por vezes, estão parcialmente assimilados pelo metagranitoide Macuco de Minas (Figura 27). Próximo aos enclaves félsicos, é comum encontrar fenocristais de feldspato potássico subarredondados e envolvidos por biotita (Figura 28). Esses poderiam ser xenocristais, parcialmente assimilados dos xenólitos pelo metagranitoide Macuco de Minas ou fenocristais do próprio corpo, deformados e com os vértices recristalizados.

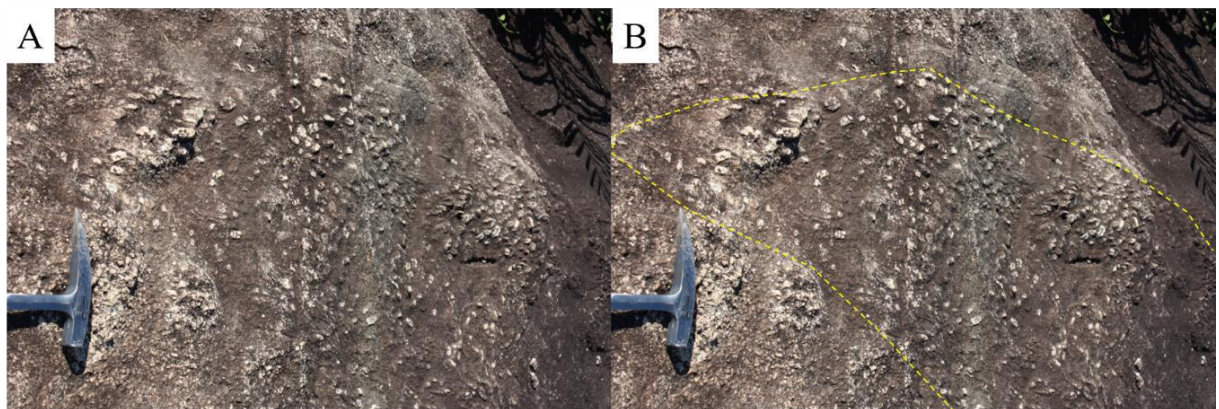


Figura 26 – Xenólito com fenocristais de feldspato de até 4 cm (indicado em amarelo) incluso em variedade porfírica do Metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-93).

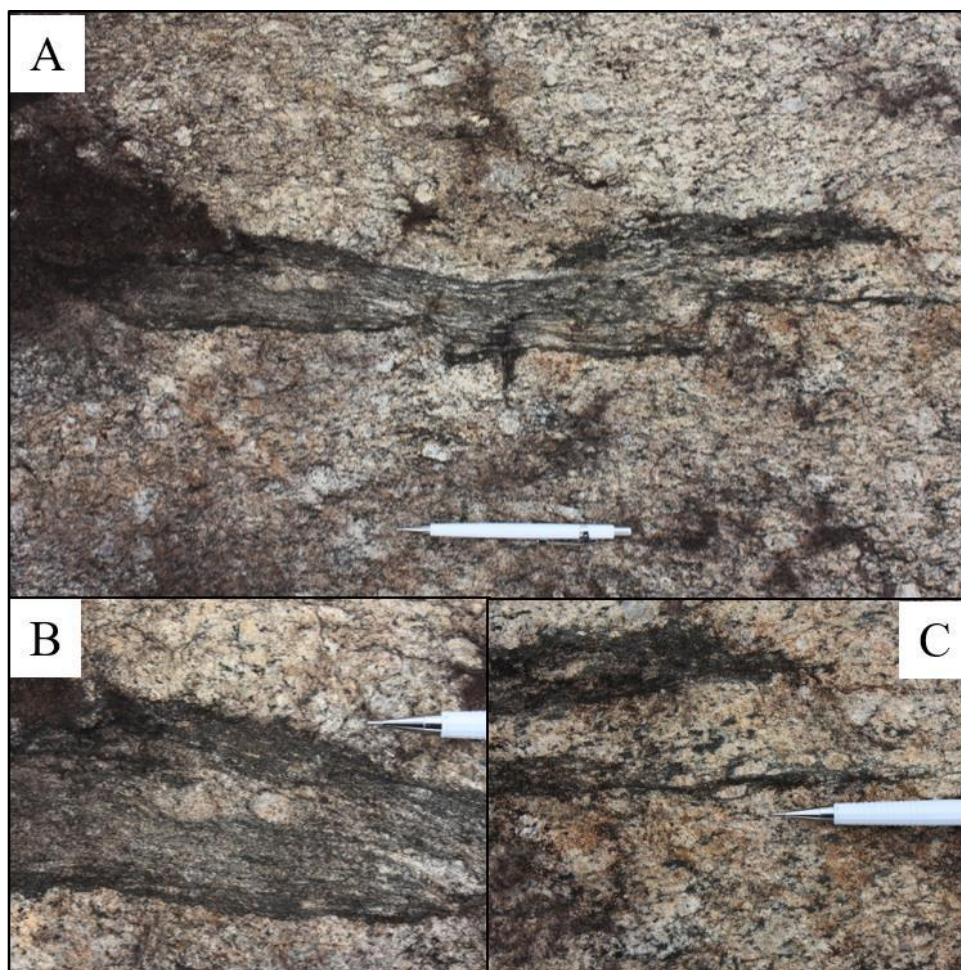


Figura 27 – Xenólito de gnaiss félsico parcialmente assimilado pelo metagranitoide Macuco de Minas. A: visão geral do xenólito. B: Detalhe dos fenocristais de feldspato amendoados presentes no xenólito. C: Porção parcialmente assimilada do xenólito pelo metagranitoide (Ponto CH-50).



Figura 28 – Fenocristal amendoado de feldspato potássico envolvido por biotita na variedade porfirítica do metagranitoide Macuco de Minas (Ponto CH-50).

7.4.3 - Diques e veios

O metagranitoide Macuco de Minas é cortado por diversos diques e veios, os quais variam amplamente em termos de composição, direção e espessura, bem como mostram relações de corte entre si, que permitem o estabelecimento da cronologia relativa dos mesmos (Figura 29). Foram identificados os seguintes tipos de diques e veios:

- 1) Diques de metagranitoide fino: Rocha leucocrática, equigranular, fina a média, isotrópica ou com orientação incipiente (Figura 30). Sua mineralogia é composta por quartzo, feldspato, biotita e allanita. Ocorre como diques de espessura desde centimétrica até cerca de 10 m, com contatos retos e bem marcados com o metagranitoide Macuco de Minas (Figura 31).
- 2) Diques de metagranitoide com titanita: rocha leucocrática a mesocrática, composta por quartzo, feldspato, biotita e titanita. Possui duas variedades: (i) equigranular fina a média, com orientação incipiente (Figura 32A) a bem marcada e, por vezes, com a presença de *clots* de biotita que seguem a foliação da rocha (Figura 33); e (ii) foliado, com textura ocelar com núcleos de titanita de até 1 cm (Figura 32B). As principais ocorrências do metagranitoide médio com titanita estão associadas a dois diques com extensão máxima de 1 km (Anexo I – Mapa Geológico).
- 3) Corpos pegmatíticos: são rochas isotrópicas, de granulação muito grossa e mineralogia representada por quartzo e feldspato. Possuem contato brusco com as rochas encaixantes e espessura amplamente variável, desde 2 cm até cerca de 10 m. Pelo menos duas gerações distintas de pegmatitos foram individualizadas: (1) corpos intrusivos no metagranitoide Macuco de Minas, que são cortados pelos diques do metagranitoide fino a médio equigranular (Figura 34); (2) pegmatitos associados ao metagranitoide fino a médio equigranular que são intrusivos tanto no metagranitoide Macuco de Minas, quanto nos diques do metagranitoide (Figura 35).
- 4) Diques máficos: observados como blocos alinhados (Figura 36) de uma rocha metamáfica intensamente foliada e intemperizada. Essa é composta por plagioclásio e minerais máficos, os quais estão alterados e com cor avermelhada. O solo formado por sua alteração possui cor marrom avermelhada.

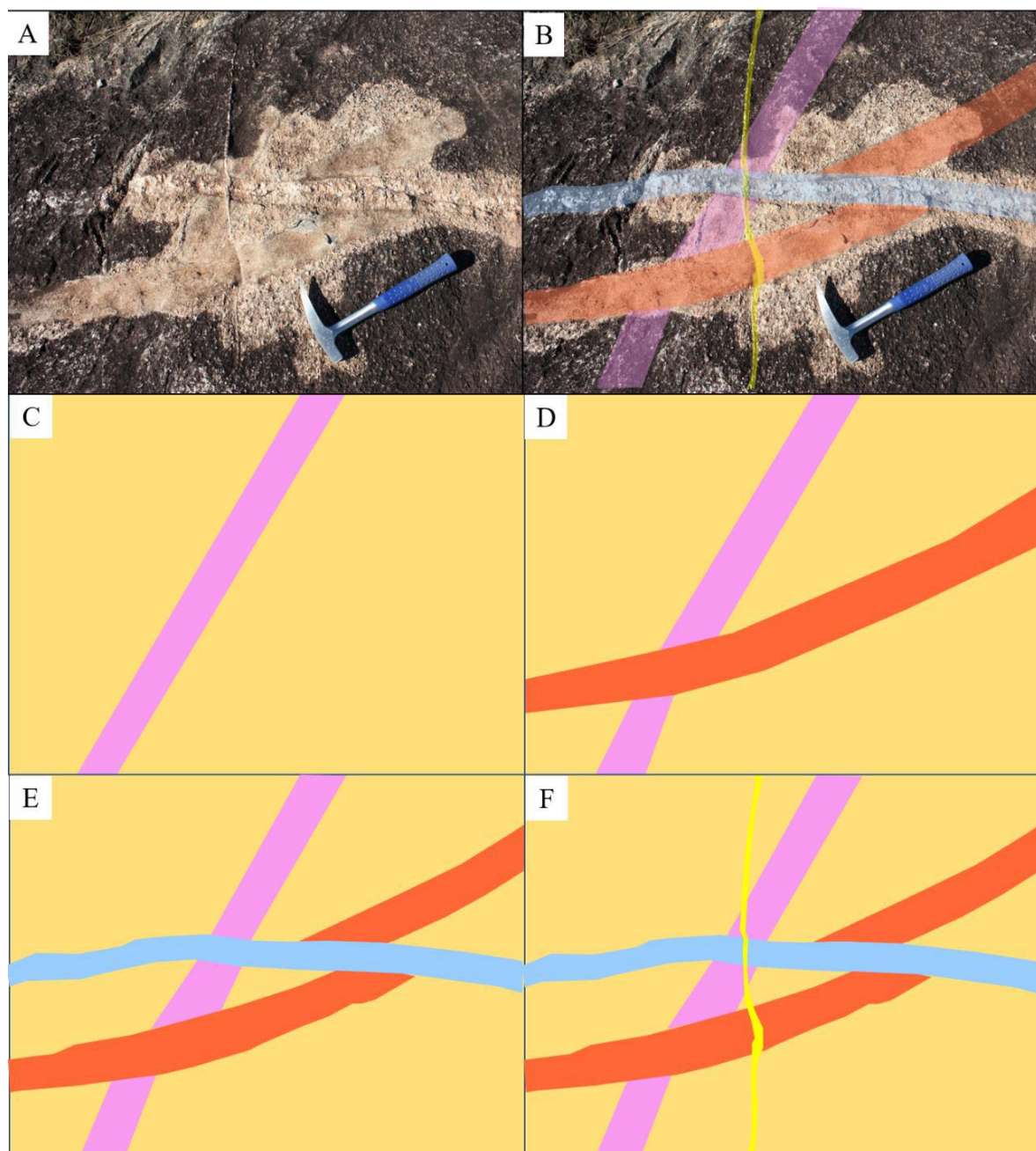


Figura 29 – Relações do metagranitoide Macuco de Minas com corpos félsicos. A: fácies porfirítica do metagranitoide Macuco de Minas com fenocristais de feldspato cortada por diferentes corpos félsicos; B: mesmo afloramento com relações de corte interpretadas; C a F: esquema ilustrando a ordem de intrusão dos diferentes corpos que cortam o metagranitoide Macuco de Minas. Laranja – Metagranitoide Macuco de Minas; Rosa – Metagranitoide fino 1; Vermelho – Metagranitoide fino 2; Azul – Pegmatito; Amarelo – Veio de quartzo (Ponto CH-93).

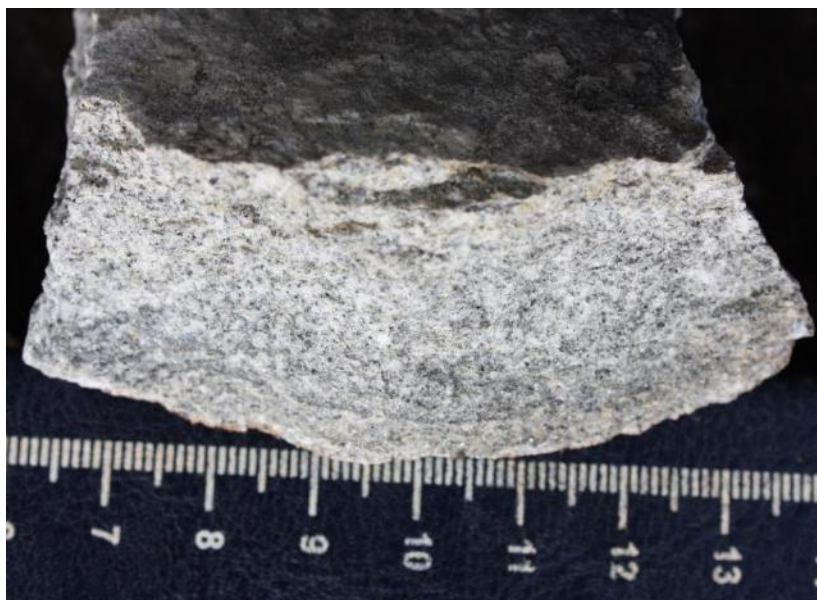


Figura 30 – Amostra do metagranitoide fino equigranular isotrópico (Ponto CH-03).



Figura 31 – Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico cortado por dique com cerca de 20 cm de espessura de um metagranitoide fino equigranular (Ponto CH-45).

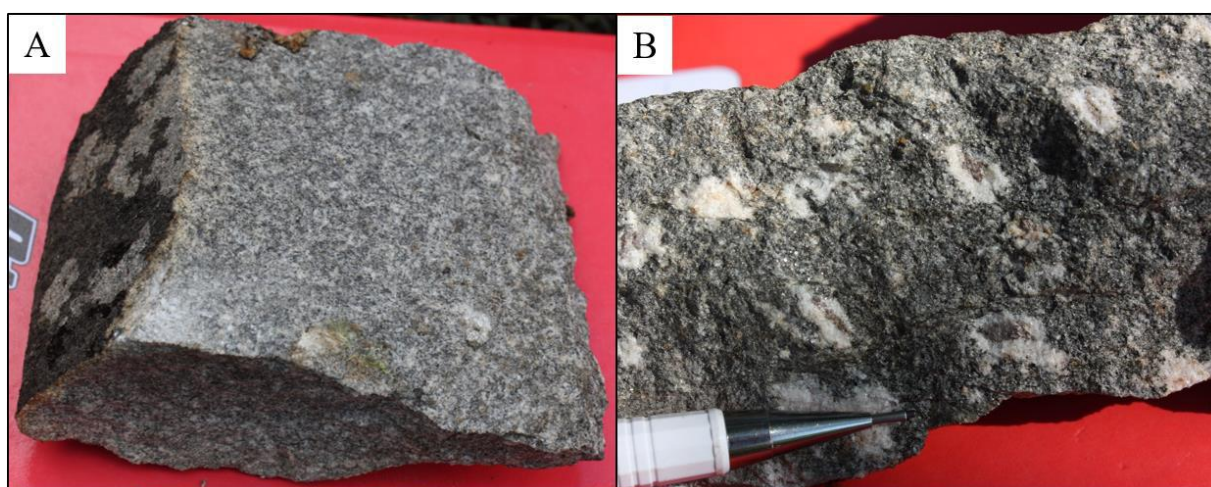


Figura 32 – Metagranitoide com titanita. A: Rocha equigranular incipientemente foliada (Ponto CH-71). B: Rocha com aglomerados félsicos compostos de quartzo e feldspato onde crescem cristais subédricos a euédricos de titanita em seu centro (Ponto CH-75).



Figura 33 – Metagranitoide médio com aglomerados de biotita (*clots* máficos), os quais estão orientados conforme a foliação da rocha (Ponto CH-55).

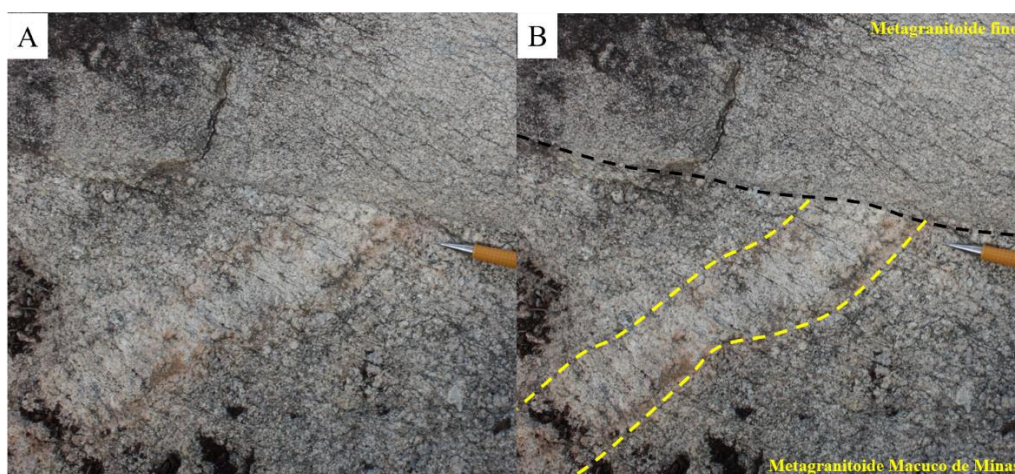


Figura 34 – Metagranitoide Macuco de Minas (abaixo) cortado por veio de pegmatito (indicado em amarelo) e ambos sendo truncados por um dique de metagranitoide fino (contato em preto) (Ponto CH-45).

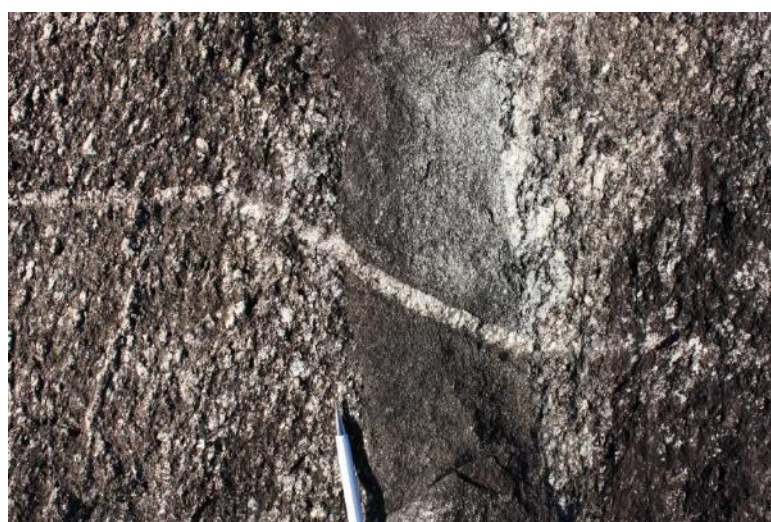


Figura 35 – Veio de pegmatito de espessura centimétrica cortando metagranitoide Macuco de Minas e dique do metagranitoide fino (Ponto CH-93).



Figura 36 – Blocos alinhados de dique máfico (indicados em amarelo) intensamente intemperizados. Notar solo avermelhado (Ponto CH-44).

7.4.4 – Deformação e zonas de cisalhamento

O metagranitoide Macuco de Minas é cortado por diversas zonas de cisalhamento subverticais, orientadas segundo duas direções preferenciais:

- 1) E-W: são geralmente concordantes com a foliação do corpo e podem promover intensa milonitização, com recristalização e deformação dos fenocristais da fácies porfírica do metagranitoide Macuco de Minas, além de estiramento e/ou dobras em veios de pegmatito (Figura 37).
- 2) NE-SW: são discordantes à foliação e ocorrem por vezes cortando zonas de cisalhamento do primeiro grupo (Figura 38), apontando para seu caráter tardio.

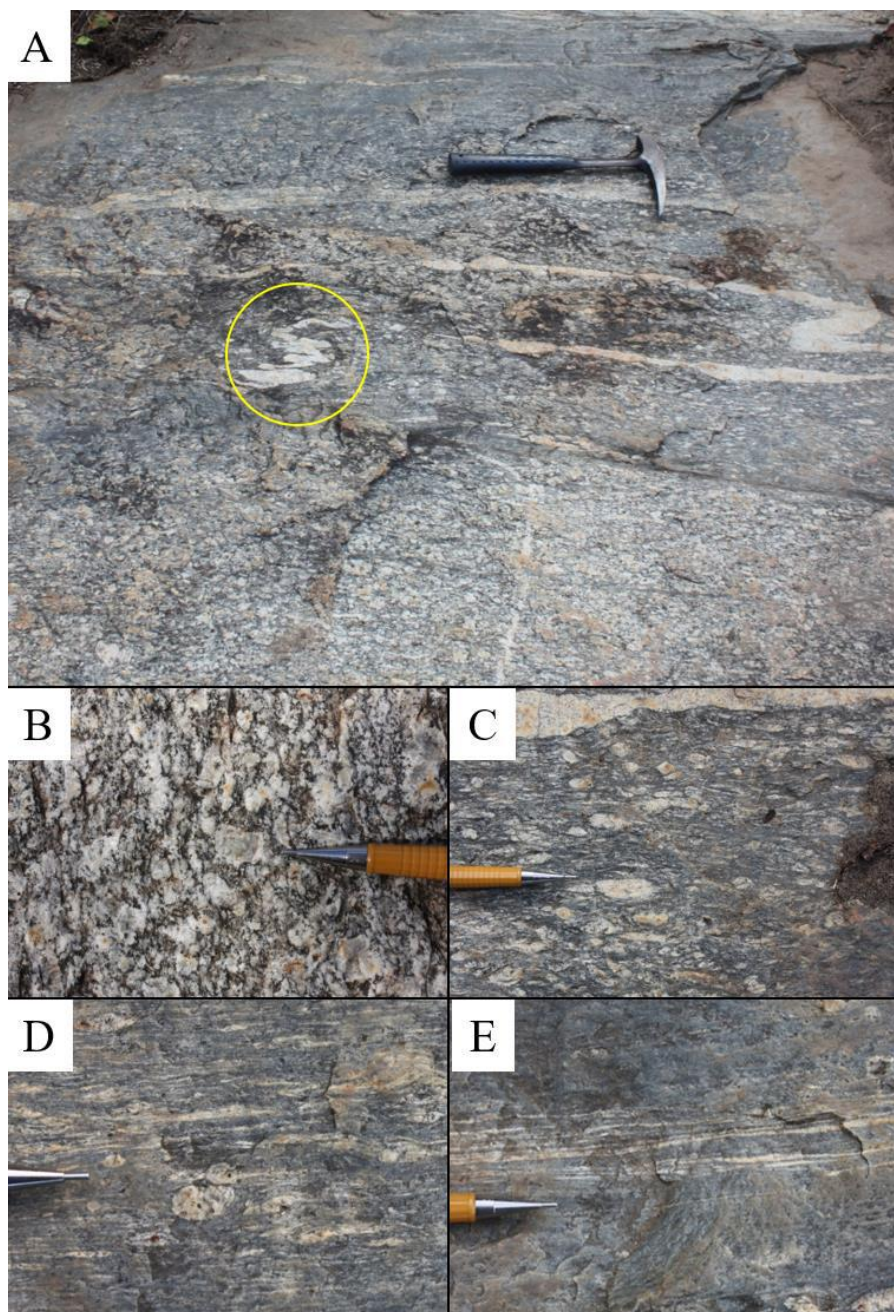


Figura 37 – Deformação do metagranitoide Macuco de Minas na proximidade de zonas de cisalhamento. A: Metagranitoide Macuco de Minas porfirítico com indicação dos diferentes estágios de deformação. Notar a presença de veios de pegmatito estirados e afinados (quando concordantes com o cisalhamento) ou dobrados e espessados (quando discordantes; círculo amarelo). B: rocha com foliação incipiente e com fenocristais de feldspato tabulares e orientados em diversas direções. C: rocha foliada, com fenocristais de feldspato de diversos tamanhos com formato *augen*. D: rocha foliada, com fenocristais com formato *augen* ou fortemente estirados formando fitas alongadas. E: metagranitoide milonitizado, com granulação fina e bandas milimétricas félsicas de quartzo e feldspato (Ponto CH-06).

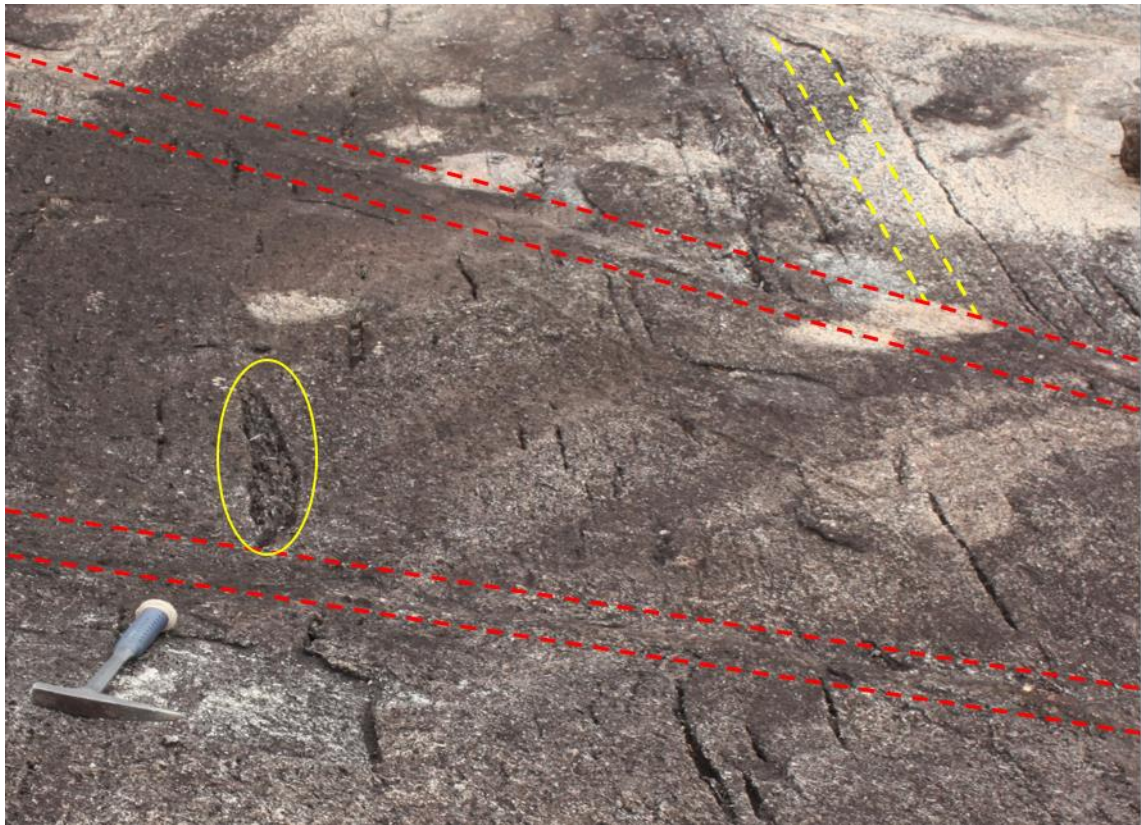


Figura 38 – Metagranitoide Macuco de Minas com foliação 175/80 (paralela as zonas de cisalhamento principais; indicado pelas linhas amarelas) cortado por zonas de cisalhamento posteriores, com atitude 310/70 (linhas vermelhas). Notar a presença de xenólitos máficos com relevo negativo seguindo a foliação da rocha (circulado em amarelo) (Ponto CH-37).

8 – PETROGRAFIA E MEV/EDS

8.1 – Metagranitoide Macuco de Minas

As rochas do metagranitoide Macuco de Minas são leucocráticas (índice de cor entre 15 a 25%), variam de equigranular média a porfirítica e apresentam fenocristais de até 5 cm principalmente de microclínio e, mais raramente, de plagioclásio. Sua mineralogia essencial é representada por quartzo, plagioclásio, microclínio e biotita₁, enquanto titanita₁, allanita, zircão e apatita são acessórios frequentes. Titanita₂, biotita₂, muscovita, epidoto, clorita e sericita são minerais metamórficos e/ou secundários. Em termos de composição modal, as rochas da variedade equigranular correspondem a tonalitos, enquanto as da variedade porfirítica a granodioritos (Figura 39).

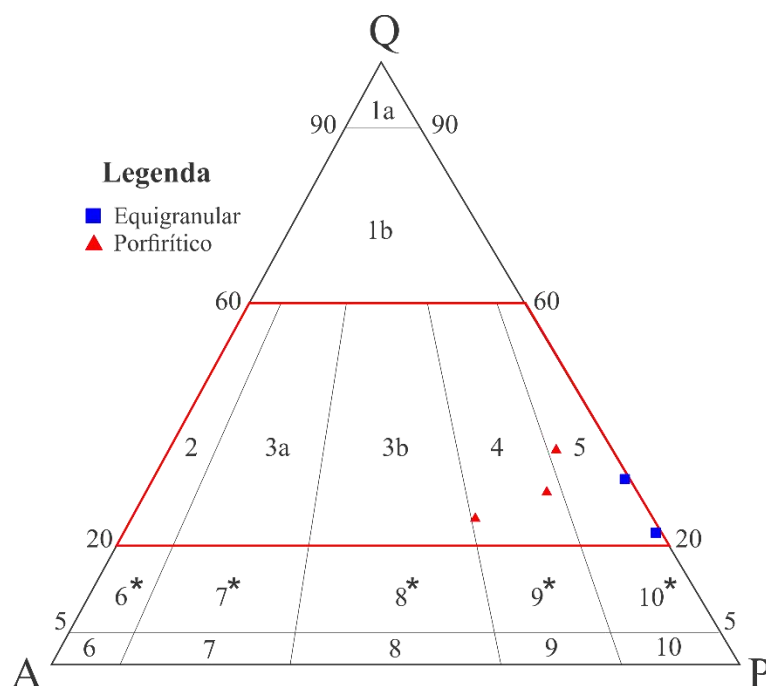


Figura 39 – Classificação do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama QAP de Streckeisen (1976) para rochas plutônicas com campo dos granitoides destacado em vermelho. 1a - Quartzolito (silexito); 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali-feldspato granito; 3a - Sienogranito; 3b - Monzogranito; 4 - Granodiorito; 5 - Tonalito; 6* - Quartzo álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro/Quartzo anortosito; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 - Sienito; 8 - Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro; 10 - Diorito/gabro/anortosito.

Os cristais de quartzo podem atingir 2 mm, são anédricos e frequentemente exibem feições relacionadas a deformação, como extinção ondulante, formação de sub-grãos e recristalização, onde os novos cristais podem estar polygonizados ou sub-polygonizados (Figura 40), além da formação de alongadas em variedades intensamente deformadas.

O plagioclásio exibe com frequência geminação *carlsbad* ou polissintética, ocorre na matriz em grãos subédricos que atingem até 4 mm (Figura 41), ou, mais raramente, como

fenocristais tabulares de até 4 cm. Pode apresentar formato *augen* em regiões intensamente deformadas e é comum a presença de mirmequita no contato com os fenocristais de microclínio (Figura 42).

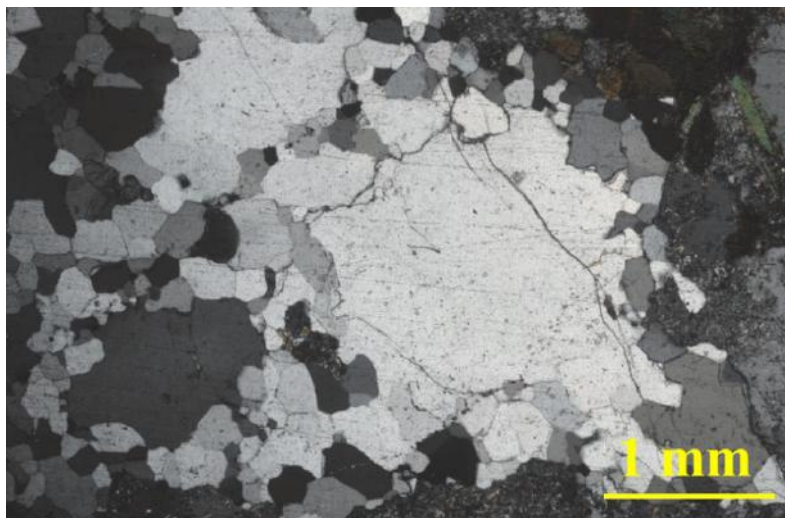


Figura 40 – Cristais de quartzo com núcleo preservado e bordas recrystalizadas formando um padrão sub-poligonizado (Amostra CH-4B com polarização cruzada. Metagranitoide Macuco de Minas).

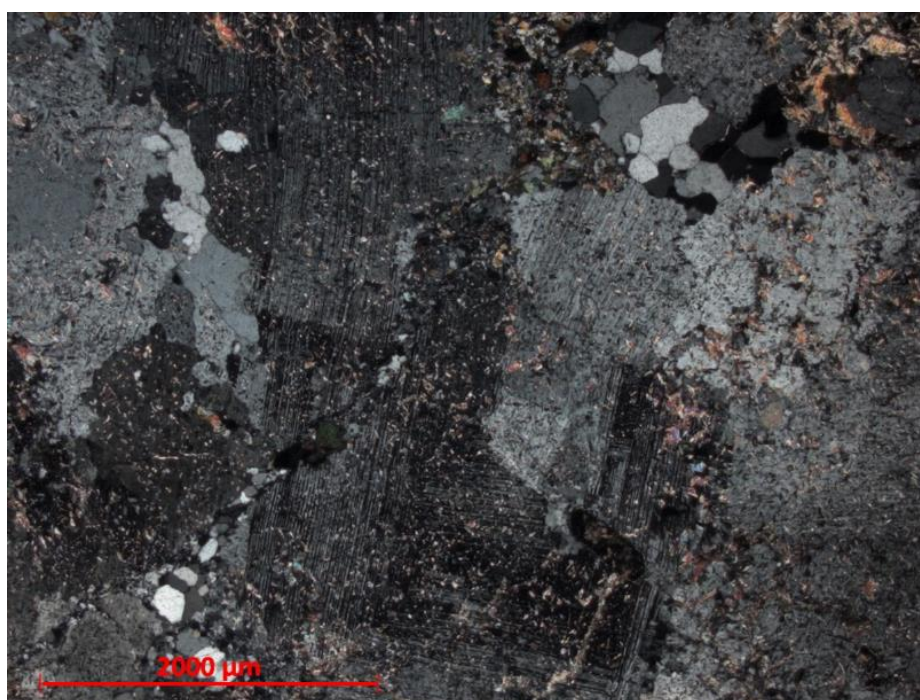


Figura 41 – Fotomicrografia destacando cristais subédricos de plagioclásio da matriz do metagranitoide Macuco de Minas. Esses estão levemente saussuritizados, exibem tamanho de aproximadamente 1 mm e geminação polissintética bem marcada (Amostra CH-56A em polarização cruzada).

Em uma amostra da variedade equigranular do metagranitoide Macuco de Minas (CH-23B) foram observados padrões de recrystalização do plagioclásio com bordas sub-poligonizadas sódicas, bem como a presença de diminutos cristais de quartzo com formato arredondado ou vermicular no interior dos cristais de plagioclásio (Figuras 43A e B).

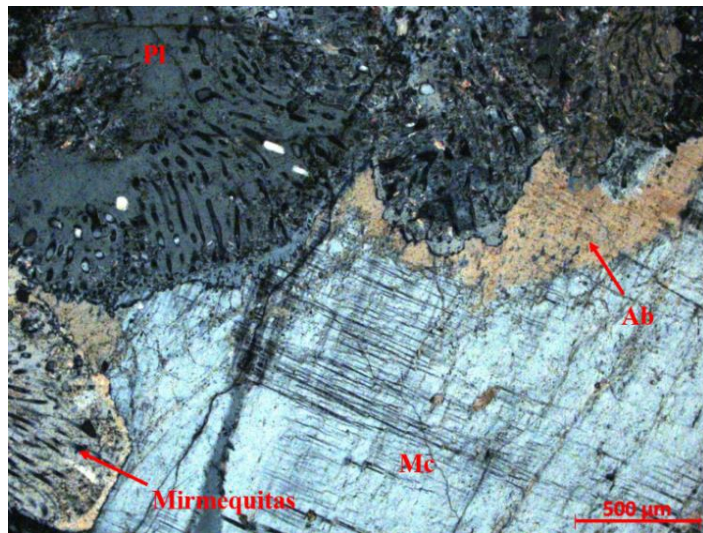


Figura 42 – Fotomicrografia destacando a região de contato entre cristais de plagioclásio (Pl) da matriz com fenocristal de microclínio (Mc). Presença do intercrescimento mirmequítico no plagioclásio e borda albitizada (porção amarelada) no contato desse com o microclínio. Observa-se, ainda, a presença de albita (Ab) na borda do fenocristal de microclínio (Amostra CH-4B com polarização cruzada. Metagranitoide Macuco de Minas).

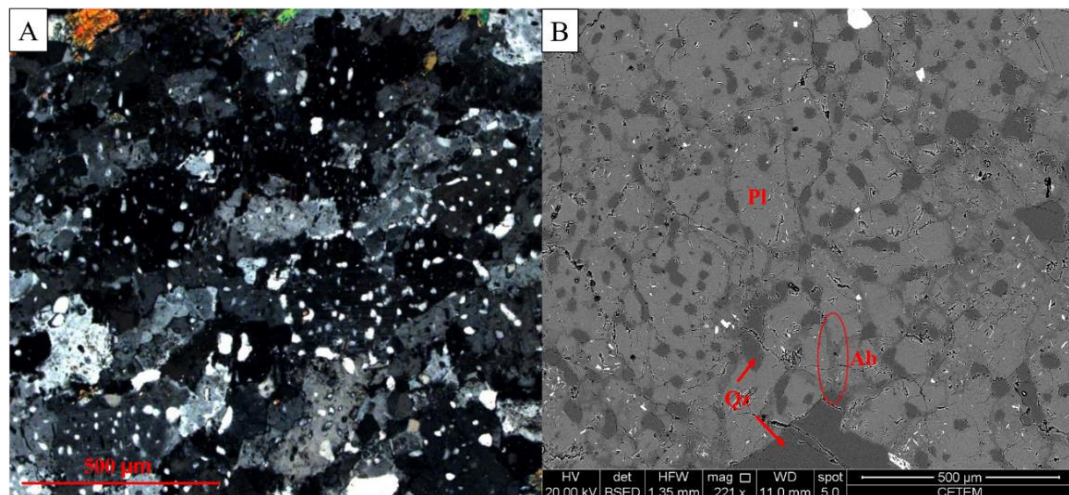


Figura 43 – Imagens de grãos de plagioclásio (Pl) recrystalizados e com feições secundárias. A: fotomicrografia com polarização cruzada mostrando mosaico de grãos recrystalizados com inclusões de grãos de quartzo minúsculos (Qz) e com formato arredondado ou vermicular. B: imagem de elétrons retroespalhados mostrando o contato entre grãos de plagioclásio recrystalizados e com presença de albita (Ab) no contato entre os novos grãos (círculo vermelho). Presença frequente de inclusões de quartzo com forma bastante variada (Amostra CH-23B. Metagranitoide Macuco de Minas).

Quanto à sua composição, os cristais primários de plagioclásio variam de An_{20} a An_{30} e correspondem a oligoclásio (Figura 44 e Tabela 9). É importante destacar a presença de até 3,7% de SrO em peso em algumas amostras, bem como conteúdo muito baixo de K_2O (Tabela 9). Porções do plagioclásio associadas a regiões alteradas envolvendo a substituição por epidoto e sericita apresentam composição sódica (An_{02} a An_{12}) variando de albita a oligoclásio (Figura 44). Quando está presente como exsolução no feldspato potássico, o plagioclásio corresponde a albita quase pura (Figura 44).

O microclínio é observado em fenocristais de até 5 cm dispersos pela rocha e varia de subédrico a euédrico (Figura 45A). Sua presença na matriz da variedade equigranular é rara, ocorrendo em cristais anédricos irregulares, que alcançam até 2 mm (Figura 45B). Os cristais apresentam geminação *Tartan* e *Carlsbad*, além de feições de exsolução, representadas pelo intercrescimento pertítico (Figuras 46A e B). Em porções mais deformadas da rocha, é comum observar a recrystalização dos grãos de microclínio, os quais formam um mosaico polygonizado de novos grãos (Figura 47).

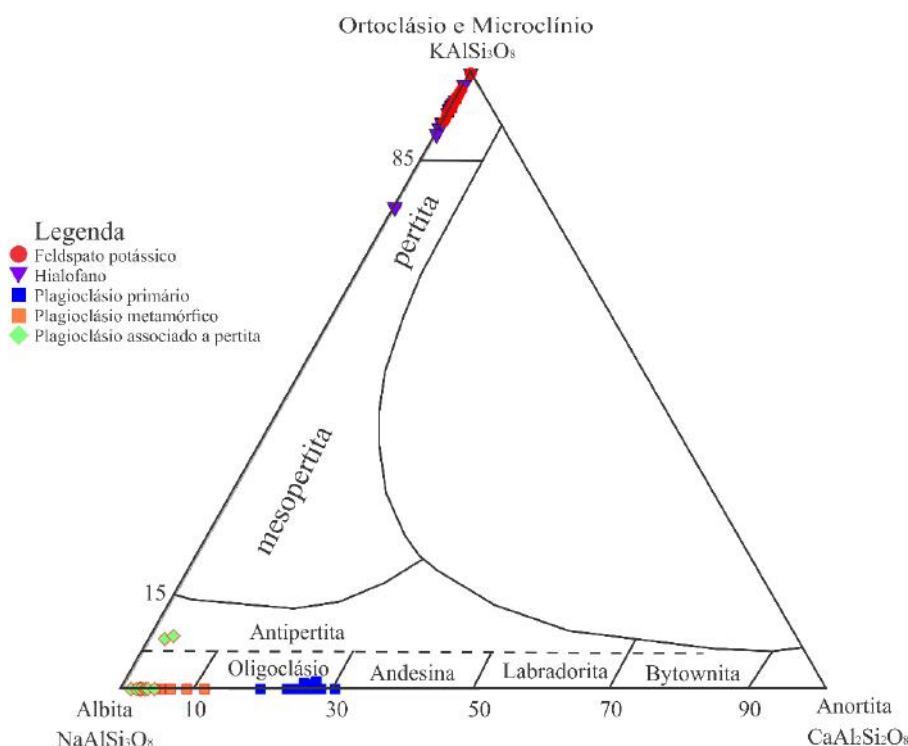


Figura 44 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama ternário de Deer *et al.* (1993).

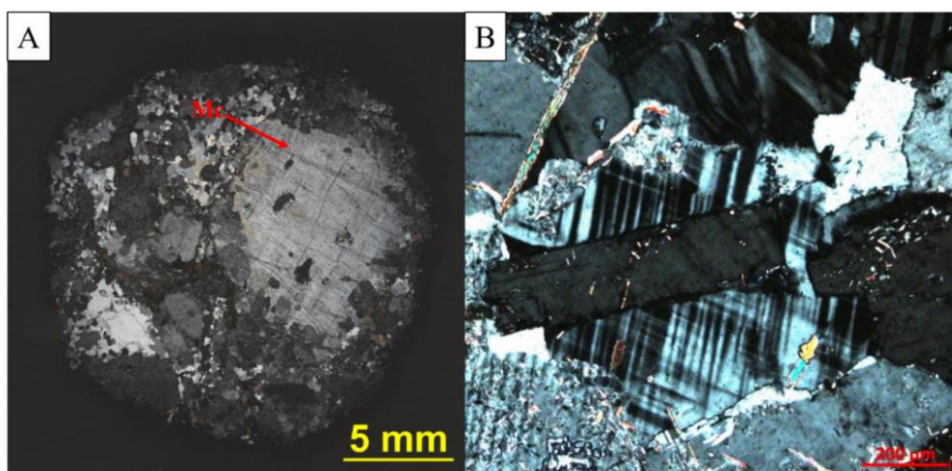


Figura 45 – Imagens de grãos de microclínio (Mc) no metagranitoide Macuco de Minas. A: fotomosaico mostrando fenocristal de microclínio com cerca de 1,0 cm imerso em matriz média (Amostra CH-4B com polarização cruzada). B: fotomicrografia mostrando cristal anédrico de microclínio com cerca de 1 mm de tamanho, com geminação *tartan* bem marcada e inclusão tabular de plagioclásio (Amostra CH-23C com polarização cruzada). Metagranitoide Macuco de Minas).

Tabela 9 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide Macuco de Minas.

	Pl (matriz)		Plagioclásio (pertita)							Plagioclásio (matriz)													
Amostra	CH-4B									CH-23													
Análise	1	2	11	13	20	22	38	39	40	15	16	44	45	48	49	50	57	59	60	63	64	71	
Óxidos normalizados																							
SiO ₂	56,15	56,63	63,31	63,16	63,43	63,43	65,56	63,65	62,85	58,83	59,58	57,80	58,93	57,85	57,74	57,08	56,37	57,36	57,85	57,17	56,88	57,74	
Al ₂ O ₃	24,57	24,55	20,77	21,63	21,19	21,50	19,74	21,42	20,97	25,45	24,34	24,66	23,94	24,35	24,38	24,50	23,57	24,84	24,13	23,90	23,99	24,83	
CaO	7,01	6,01	0,30	0,69	0,60	0,81	0,44	0,75	1,15	6,50	6,52	5,92	4,52	5,82	6,01	6,17	6,61	6,11	5,60	5,93	6,68	6,02	
Na ₂ O	9,83	10,46	13,20	11,75	12,38	11,80	11,87	11,81	12,98	9,22	9,55	9,14	10,06	9,56	9,54	9,63	10,67	9,16	9,97	10,17	9,94	9,23	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SrO	2,44	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	2,54	2,42	2,33	2,62	2,79	2,54	2,44	2,83	2,52	2,17	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Número de átomos na base de 32 O																							
Si	10,32	10,38	11,39	11,34	11,39	11,37	11,70	11,40	11,32	10,55	10,69	10,52	10,70	10,54	10,53	10,45	10,40	10,46	10,56	10,49	10,44	10,50	
Al	5,32	5,30	4,41	4,58	4,48	4,54	4,15	4,52	4,45	5,38	5,14	5,29	5,12	5,23	5,24	5,28	5,13	5,34	5,19	5,17	5,19	5,32	
Ca	1,38	1,18	0,06	0,13	0,11	0,16	0,08	0,14	0,22	1,25	1,25	1,15	0,88	1,14	1,17	1,21	1,31	1,19	1,10	1,16	1,31	1,17	
Na	3,50	3,72	4,61	4,09	4,31	4,10	4,11	4,10	4,53	3,20	3,32	3,23	3,54	3,38	3,37	3,42	3,82	3,24	3,53	3,62	3,54	3,25	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sr	0,26	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,27	0,26	0,25	0,28	0,30	0,27	0,26	0,30	0,27	0,23	
Albita	71,73	75,92	98,76	96,85	97,41	96,35	98,01	96,63	95,35	71,96	72,61	73,65	80,10	74,85	74,18	73,85	74,50	73,08	76,31	75,65	72,91	73,52	
Anortita	28,27	24,08	1,24	3,15	2,59	3,65	1,99	3,37	4,65	28,04	27,39	26,35	19,90	25,15	25,82	26,15	25,50	26,92	23,69	24,35	27,09	26,48	
Ortoclásio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 9 (continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide Macuco de Minas.

	Plagioclásio (matriz)				Plagioclásio (alterado)							Plagioclásio (matriz)										
Amostra	CH-23											CH-37										
Análise	72	74	75	77	46	51	54	55	61	73	76	7	8	29	34	41	60	61	62	63	64	84
Óxidos normalizados																						
SiO ₂	57,22	57,79	57,79	57,50	60,79	64,39	62,74	61,36	63,03	62,08	63,28	57,92	57,82	57,66	57,29	57,61	57,85	57,61	57,85	57,68	57,49	57,67
Al ₂ O ₃	25,08	23,37	24,39	25,02	21,75	21,51	22,00	21,73	21,04	20,61	21,58	24,22	24,30	24,70	23,78	24,60	25,14	24,60	25,14	24,82	24,67	24,08
CaO	6,13	6,05	6,35	6,31	2,93	0,39	1,51	2,16	1,17	1,53	1,11	6,40	5,91	5,93	6,06	5,86	5,65	5,86	5,65	5,83	5,74	5,77
Na ₂ O	9,16	10,24	9,18	8,91	12,10	11,34	11,34	11,73	12,19	12,98	11,65	8,87	9,85	9,54	9,41	8,53	8,19	8,53	8,19	8,47	8,86	9,12
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,16	0,21	0,16	0,21	0,19	0,15	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	2,41	2,55	2,29	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	2,12	2,17	3,32	3,25	2,97	3,25	2,97	3,01	3,09	3,36
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O																						
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Si	10,43	10,59	10,53	10,46	11,04	11,48	11,26	11,13	11,35	11,26	11,34	10,56	10,53	10,50	10,53	10,52	10,52	10,52	10,52	10,52	10,50	10,56
Al	5,39	5,04	5,24	5,36	4,65	4,52	4,65	4,64	4,46	4,41	4,56	5,20	5,22	5,30	5,15	5,29	5,39	5,29	5,39	5,33	5,31	5,19
Ca	1,20	1,19	1,24	1,23	0,57	0,07	0,29	0,42	0,23	0,30	0,21	1,25	1,15	1,16	1,19	1,15	1,10	1,15	1,10	1,14	1,12	1,13
Na	3,24	3,64	3,24	3,14	4,26	3,92	3,95	4,12	4,25	4,57	4,05	3,13	3,48	3,37	3,35	3,02	2,89	3,02	2,89	2,99	3,14	3,24
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,25	0,27	0,24	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,22	0,23	0,35	0,34	0,31	0,34	0,31	0,32	0,33	0,36
Albita	73,02	75,41	72,35	71,88	88,20	98,15	93,14	90,78	94,96	93,87	95,00	71,50	75,12	74,44	73,28	71,84	71,55	71,84	71,55	71,69	73,00	74,10
Anortita	26,98	24,59	27,65	28,12	11,80	1,85	6,86	9,22	5,04	6,13	5,00	28,50	24,88	25,56	26,06	27,27	27,25	27,27	27,25	27,25	26,16	25,90
Ortoclásio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,89	1,20	0,89	1,20	1,06	0,84	0,00

Tabela 9 (continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide Macuco de Minas. Pl: cristal de plagioclásio; m: plagioclásio na matriz; alt: plagioclásio associado a saussuritização (alteração); pert: plagioclásio do intercrescimento pertítico.

	Pl (m.)	Pl (alt.)	Pl (pert.)	Plagioclásio (matriz)				Plagioclásio (alt.)		Plagioclásio (pertita)		
Amostra	CH-37			CH-48								
Análise	85	42	4	33	34	35	36	3	11	5	10	14
Óxidos normalizados												
SiO ₂	57,47	61,79	62,98	57,43	56,45	56,82	57,24	63,77	63,38	63,19	63,83	63,22
Al ₂ O ₃	24,16	21,89	20,58	24,96	24,84	25,82	24,83	21,40	21,19	22,21	21,20	21,24
CaO	5,62	1,59	0,71	6,11	7,50	6,38	6,36	0,61	0,73	0,44	0,59	0,54
Na ₂ O	8,91	12,16	11,30	9,67	9,41	9,29	9,53	12,21	12,76	10,80	12,33	12,14
K ₂ O	0,18	0,00	1,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	3,66	0,00	0,00	1,83	1,80	1,69	2,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O												
O	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
Si	10,54	11,16	11,41	10,45	10,33	10,33	10,43	11,40	11,37	11,32	11,42	11,37
Al	5,22	4,66	4,39	5,35	5,35	5,53	5,33	4,51	4,48	4,69	4,47	4,50
Ca	1,10	0,31	0,14	1,19	1,47	1,24	1,24	0,12	0,14	0,08	0,11	0,10
Na	3,17	4,26	3,97	3,41	3,34	3,27	3,37	4,23	4,44	3,75	4,28	4,23
K	0,04	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,39	0,00	0,00	0,19	0,19	0,18	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	73,43	93,24	88,28	74,14	69,42	72,49	73,08	97,31	96,94	89,87	97,42	97,59
Anortita	25,60	6,76	3,05	25,86	30,58	27,51	26,92	2,69	3,06	2,02	2,58	2,41
Ortoclásio	0,97	0,00	8,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,11	0,00	0,00

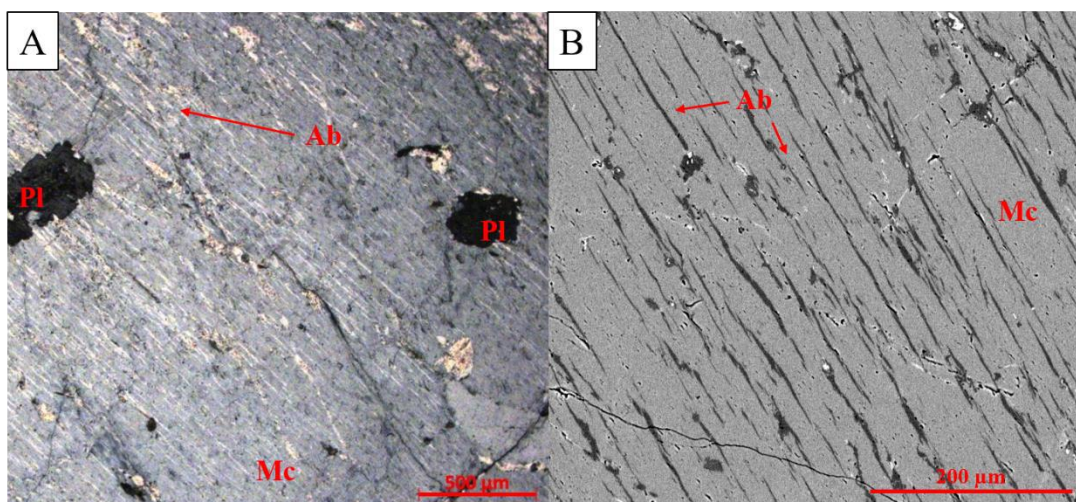


Figura 46 – Imagens de intercrescimento pertítico em fenocristal de microclínio (Mc) da amostra CH-4B. A: fotomicrografia com polarização cruzada de fenocristal de microclínio com lamelas de albita (Ab) orientadas e inclusões de plagioclásio (Pl). B: imagens de elétrons retroespalhados do mesmo fenocristal com as lamelas de albita indicadas. Metagranitoide Macuco de Minas.

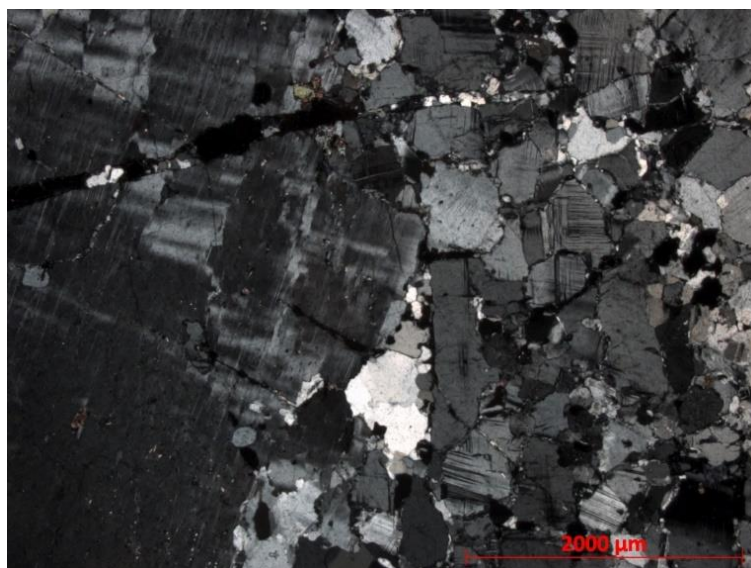


Figura 47 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-55A do metagranitoide Macuco de Minas mostrando fenocristal de microclínio (à esquerda), que foi parcialmente recrystalizado formando novos grãos (à direita).

No contato entre os fenocristais de microclínio e o plagioclásio da matriz ocorrem feições secundárias como a textura mirmequítica e a presença de borda albítica no plagioclásio, bem como nos fenocristais de microclínio (Figura 42). É importante notar que o contraste composicional entre os fenocristais de microclínio e os grãos de plagioclásio da matriz é evidenciado pela presença de minerais de alteração, que crescem preferencialmente sobre o plagioclásio (Figura 48).

Os cristais de microclínio possuem baixo conteúdo de Na_2O e CaO , enquanto BaO varia de 1,3 a 2,1% peso (Tabela 10). Foram identificadas em alguns grãos feições associadas a fragmentação mecânica da borda dos fenocristais de microclínio (Figura 49). Essas porções

exibem elevadas concentrações de Ba (de 5 a 10% em peso de BaO), compatível como hialofano, que corresponde a um feldspato de K, Ba e Na (Tabela 11). Segundo Deer *et al.* (1992), o hialofano é um membro intermediário da série ortoclásio-celsiana (KAlSi_3O_8 - $\text{BaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), correspondendo ao feldspato que possui entre 5 e 30% da molécula de celsiana em sua composição.

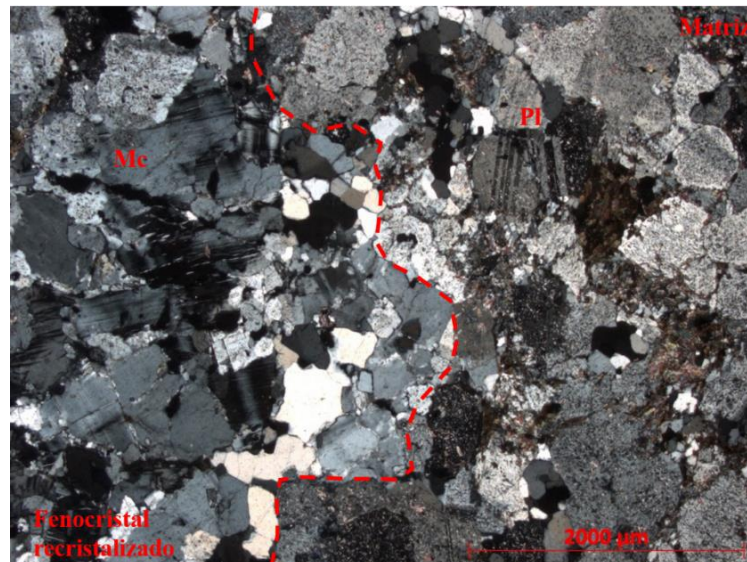


Figura 48 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-55A do metagranitoide Macuco de Minas mostrando o contraste entre um fenocristal de microclínio (Mc) recristalizado (à esquerda) e a matriz composta essencialmente por plagioclásio (Pl) saussuritizado, quartzo e minerais máficos (à direita).

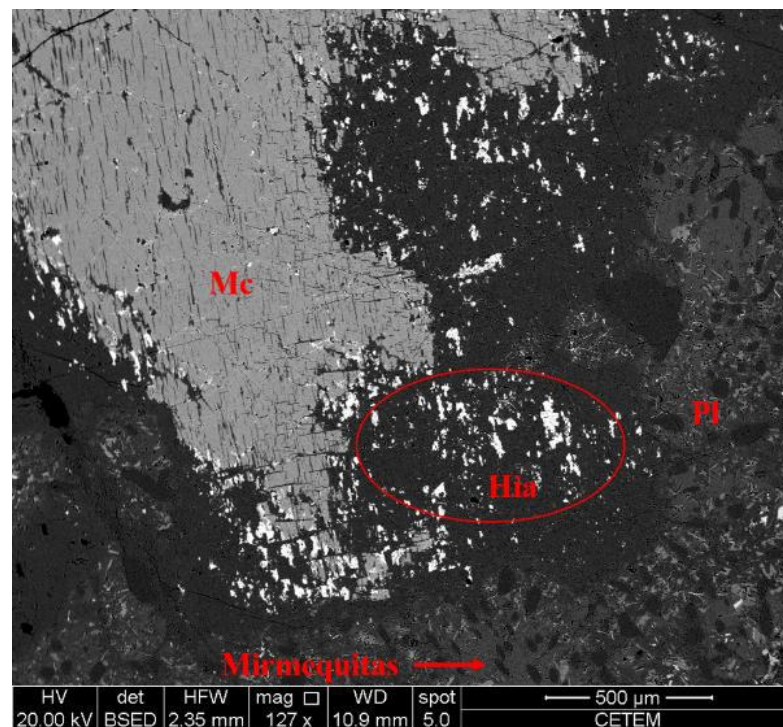


Figura 49 – Imagem de elétrons retroespalhados mostrando fenocristal de microclínio (Mc) com bordas irregulares e “fragmentadas” com a presença de hialofano (Hia) que corresponde aos grãos brancos circulos e aqueles ao longo da borda do fenocristal (Amostra CH-48. Metagranitoide Macuco de Minas).

Tabela 10 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-4B									CH-37								
Análise	10	12	17	21	26	28	30	35	37	1	2	3	5	6	11	30	39	45
Óxidos normalizados																		
SiO ₂	58,08	59,04	58,35	58,03	59,03	58,17	58,64	57,98	58,54	60,74	60,86	59,89	60,52	60,53	60,59	60,85	58,98	60,02
Al ₂ O ₃	19,53	19,30	19,51	19,83	19,41	19,58	20,00	19,85	20,00	19,75	20,16	19,57	19,61	19,61	20,02	19,85	19,62	19,60
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,94	0,61	0,72	0,56	0,00	0,00	0,37	0,51	0,32	0,82	0,50	0,56	0,73	0,71	0,47	0,66	0,53	0,00
K ₂ O	17,28	17,32	17,62	17,70	17,91	18,60	17,07	17,82	17,74	17,21	17,09	18,37	17,52	17,50	17,20	17,07	16,86	16,23
BaO	2,00	1,54	1,64	1,44	1,31	1,25	1,74	1,47	1,32	1,48	1,40	1,61	1,62	1,65	1,71	1,56	1,58	1,65
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O																		
Si	11,29	11,41	11,32	11,26	11,41	11,31	11,32	11,26	11,30	11,52	11,51	11,46	11,52	11,52	11,50	11,53	11,38	11,50
Al	4,47	4,39	4,46	4,54	4,42	4,48	4,55	4,54	4,55	4,41	4,49	4,41	4,40	4,40	4,48	4,43	4,46	4,42
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,36	0,23	0,27	0,21	0,00	0,00	0,14	0,19	0,12	0,30	0,18	0,21	0,27	0,26	0,17	0,24	0,20	0,00
K	4,28	4,27	4,36	4,38	4,41	4,61	4,20	4,41	4,37	4,16	4,12	4,48	4,25	4,25	4,16	4,13	4,15	3,96
Ba	0,15	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,13	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	7,67	5,10	5,84	4,61	0,00	0,00	3,18	4,15	2,65	6,78	4,23	4,40	5,95	5,81	3,99	5,56	4,55	0,00
Anortita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	92,33	94,90	94,16	95,39	100,00	100,00	96,82	95,85	97,35	93,22	95,77	95,60	94,05	94,19	96,01	94,44	95,45	100,00

Tabela 10 (continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-48				
Análise	2	6	7	9	13
Óxidos normalizados					
SiO ₂	58,80	58,87	59,02	58,69	58,03
Al ₂ O ₃	20,34	19,45	19,45	19,67	19,99
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,74	0,00	0,00	0,69
K ₂ O	17,19	17,25	17,87	18,20	17,73
BaO	1,84	2,09	2,00	1,53	1,47
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O					
Si	11,32	11,38	11,41	11,35	11,25
Al	4,61	4,43	4,43	4,48	4,57
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,28	0,00	0,00	0,26
K	4,22	4,25	4,41	4,49	4,38
Ba	0,14	0,16	0,15	0,12	0,11
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	0,00	6,12	0,00	0,00	5,59
Anortita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	100,00	93,88	100,00	100,00	94,41

Tabela 11 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de hialofano do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-4B													CH-37									
Análise	14	18	19	23	24	25	27	29	31	32	33	34	36	9	10	28	32	33	35	36	37	38	40
Óxidos normalizados																							
SiO ₂	54,72	56,72	54,65	53,88	52,82	54,59	54,62	53,35	55,35	56,14	54,49	52,57	53,48	58,08	57,66	57,73	57,70	57,50	56,35	54,76	55,71	55,87	55,07
Al ₂ O ₃	20,39	20,26	20,19	21,86	21,64	20,99	21,09	21,29	20,07	20,75	21,16	21,36	20,85	20,33	20,73	20,28	20,34	20,58	20,28	21,04	20,10	20,22	21,14
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,69	2,52	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,59	0,63	0,20	0,98	0,86	0,46	0,60	0,72	0,68	0,59	0,59	0,61	0,60	0,53	0,43
K ₂ O	15,22	13,76	15,45	14,17	14,00	14,82	15,47	13,80	16,40	15,05	15,30	13,71	14,82	16,54	15,61	16,25	16,70	16,12	15,32	13,63	15,86	15,69	14,23
BaO	6,86	4,48	6,75	8,17	9,28	7,50	6,47	8,68	5,68	5,39	6,54	9,21	7,69	4,59	5,40	5,02	4,57	5,21	4,98	7,88	5,46	5,69	6,89
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Átomos na base de 32 O																							
Si	10,96	11,10	10,96	10,80	10,72	10,93	10,91	10,77	11,04	11,06	10,88	10,69	10,80	11,28	11,21	11,24	11,23	11,20	11,12	10,94	11,07	11,08	10,95
Al	4,81	4,67	4,77	5,16	5,17	4,95	4,96	5,07	4,72	4,82	4,98	5,12	4,96	4,65	4,75	4,66	4,66	4,72	4,71	4,95	4,71	4,73	4,95
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,27	0,96	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,23	0,24	0,08	0,39	0,34	0,17	0,23	0,27	0,26	0,22	0,22	0,24	0,23	0,20	0,17
K	3,89	3,43	3,95	3,62	3,62	3,78	3,94	3,55	4,17	3,78	3,90	3,55	3,82	4,09	3,87	4,04	4,15	4,01	3,85	3,47	4,02	3,97	3,61
Ba	0,54	0,34	0,53	0,64	0,74	0,59	0,51	0,69	0,44	0,42	0,51	0,73	0,61	0,35	0,41	0,38	0,35	0,40	0,38	0,62	0,42	0,44	0,54
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	82,84	72,53	81,85	84,95	83,08	86,54	88,61	77,41	86,11	85,22	86,90	76,01	80,15	88,71	85,86	86,01	87,27	86,56	86,36	80,26	85,99	85,98	83,69
Albita	5,68	20,20	7,16	0,00	0,00	0,00	0,00	7,63	4,72	5,40	1,69	8,29	7,07	3,73	5,02	5,83	5,39	4,84	5,02	5,48	4,92	4,43	3,87
Celsiana	11,47	7,26	10,99	15,05	16,92	13,46	11,39	14,96	9,17	9,38	11,41	15,70	12,78	7,56	9,13	8,16	7,34	8,60	8,62	14,26	9,09	9,59	12,44

Tabela 11 (continuação) – Resultados normativos das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de hialofano do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-48				
Análise	1	4	8	12	15
Óxidos normalizados					
SiO ₂	53,79	52,83	52,23	54,09	53,55
Al ₂ O ₃	21,12	21,51	21,43	21,31	21,33
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	14,77	14,14	14,53	13,70	14,72
BaO	8,72	9,80	9,72	9,12	8,28
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100
Átomos na base de 32 O					
Si	10,85	10,74	10,67	10,88	10,80
Al	5,02	5,15	5,16	5,05	5,07
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	3,80	3,66	3,79	3,51	3,79
Ba	0,69	0,78	0,78	0,72	0,65
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	84,65	82,44	82,95	83,00	85,25
Albita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Celsiana	15,35	17,56	17,05	17,00	14,75

Foram observados fenocristais de microclínio cortados por veios de composição tonalítica, que são compostos principalmente por quartzo e oligoclásio (Figura 50A e B). No contato entre os veios e os fenocristais ocorre a fragmentação e a presença de hialofano, presente junto ao plagioclásio (Figura 51).

A biotita é o principal mineral máfico do metagranitoide Macuco de Minas e os cristais apresentam pleocroísmo marrom, clivagem perfeita em uma direção e podem estar dispersos pela rocha e orientados segundo a foliação ou formando agregados máficos juntamente com titanita₁ e allanita (Figura 52).

Duas gerações de biotita foram identificadas nas amostras do metagranitoide Macuco de Minas, sendo estas: (1) biotita₁ ígnea, com cristais subédricos a euédricos tabulares, que atingem até 2 mm. Esses exibem inclusões de zircão, apatita e titanita e, por vezes, se encontram parcialmente transformados para clorita; (2) biotita₂ metamórfica, que ocorre como cristais anédricos e de tamanho menor, geralmente acompanhados de titanita₂, epidoto e muscovita (Figuras 53 e 54).

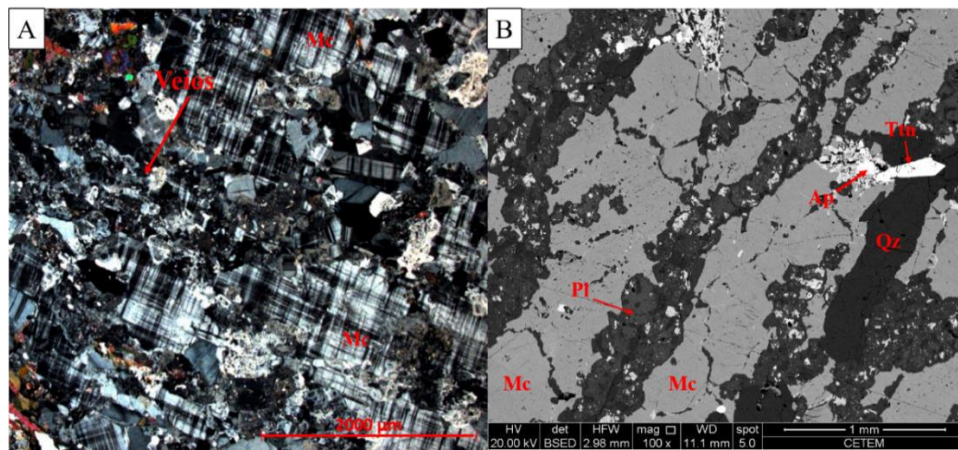


Figura 50 – Imagens de fenocristal de microclínio (Mc) cortado por veios tonalíticos do metagranitoide Macuco de Minas. A: fotomicrografia com polarização cruzada de fenocristal de microclínio com continuidade ótica cortado por veios quartzo-feldspáticos (seta vermelha). B: imagem de elétrons retroespalhados de parte do mesmo fenocristal mostrando veios de quartzo (QZ) e plagioclásio (Pl). Presença de inclusões de titanita (Ttn) e apatita (Ap) (Amostra CH-37).

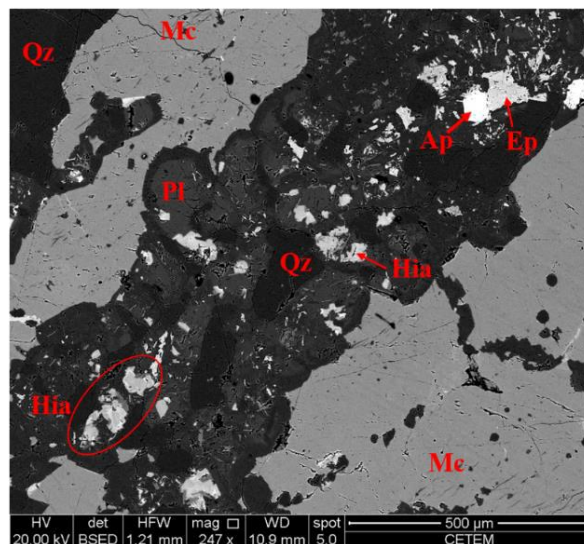


Figura 51 – Imagem de elétrons retroespalha detalhando veio tonalítico que corta fenocristal de microclínio (Mc). O veio é composto principalmente por plagioclásio (Pl) e quartzo (Qz). Presença de fragmentos de hialofano (Hia) (Amostra CH-48. Metagranitoide Macuco de Minas).

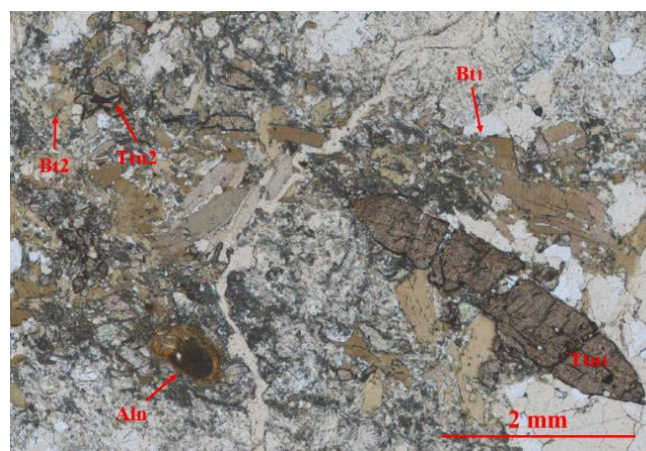


Figura 52 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-37 do Metagranitoide Macuco de Minas mostrando agregado de minerais máficos representados por cristais subédricos de biotita₁ (Bt₁), grãos de allanita (Aln) com epidoto ao redor e por um cristal euédrico de titanita₁ (Ttn₁) com 3 mm de tamanho. Presença de grãos anédricos de titanita₂ e de biotita₂.

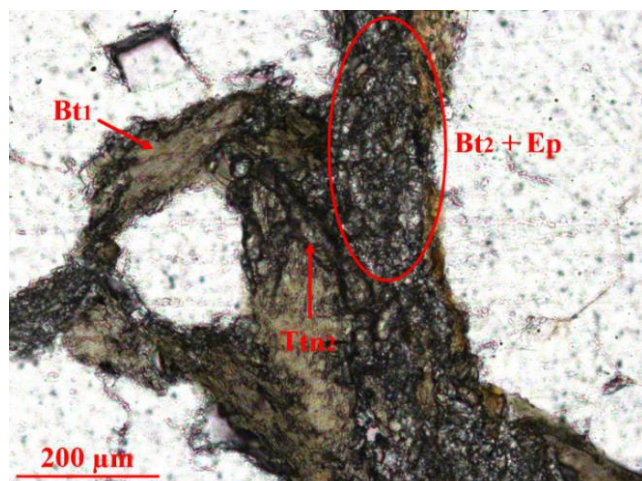


Figura 53 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-4B do metagranitoide Macuco de Minas mostrando grão de biotita₁ subédrica (Bt₁) associado a uma massa de minerais máficos, representados por biotita₂ (Bt₂) titanita₂ (Ttn₂) e epidoto (Ep), todos anédricos.

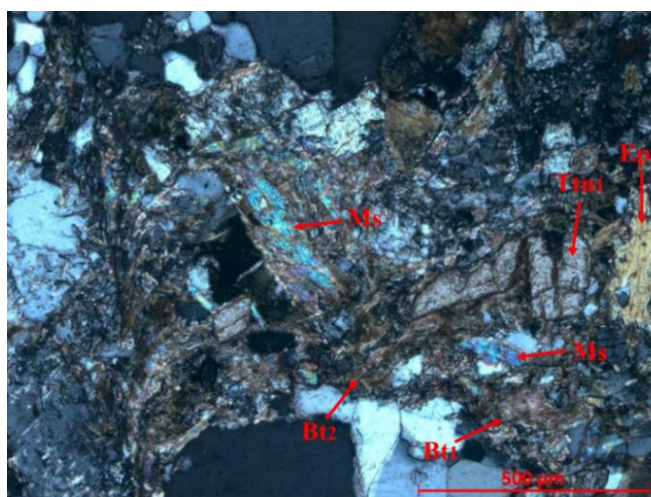


Figura 54 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-50C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando biotita₁ (Bt₁) e titanita₁ (Ttn₁), ambos ígneos e associados a biotita₂ (Bt₂), epidoto (Ep) e muscovita (Ms).

Quanto à sua composição, os grãos de biotita₁ possuem a relação Fe/(Fe + Mg) entre 0,41 e 0,59 (Tabela 12), com maior concentração de valores entre 0,5 e 0,59. No diagrama de classificação das micas escuras de Deer *et al.* (1992), todas as análises de EDS plotam na série de solução sólida flogopita-annita, correspondendo a membros intermediários ou mais ricos em Fe da série (Figura 55).

No diagrama triangular MgO x FeO_T X Al₂O₃ de Nockolds (1947), todas as análises dos grãos de biotita plotaram no campo II, que aponta que essa seria o principal mineral máfico constituinte da rocha e que não ocorreria associada a outros minerais máficos como olivina, piroxênio e hornblenda (Figura 56). Já no diagrama MgO x FeO_T X Al₂O₃ de Abdel-Rahman (1994), a maioria das análises dos grãos de biotita plotaram no limite entre os campos de suítes cálcio-alcálinas orogênicas e peraluminosas (Figura 57).

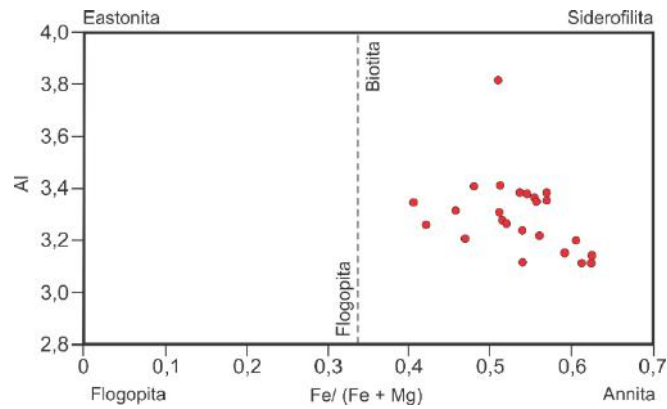


Figura 55 – Diagrama de classificação Al x Fe/(Fe + Mg) de Deer *et al.* (1992) aplicado para a biotita₁ do metagranitoide Macuco de Minas.

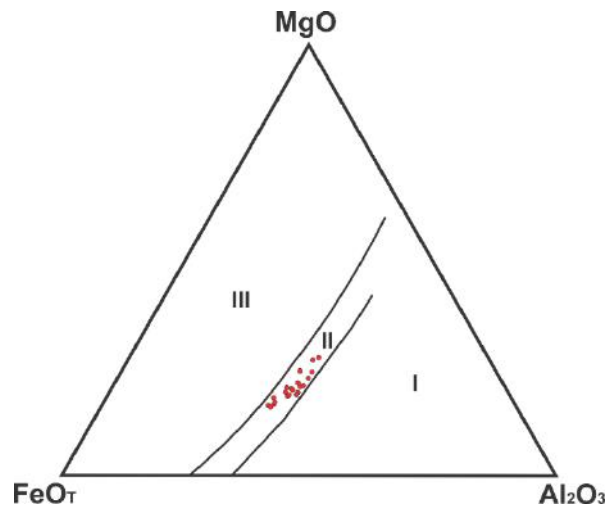


Figura 56 – Classificação dos grãos de biotita₁ do metagranitoide Macuco de Minas no diagrama ternário de Nockolds (1947). (I) Biotita associada a minerais ricos em Al; (II) Biotita que ocorre como principal mineral máfico; (III) Biotita associada com hornblenda, piroxênio e/ou olivina.

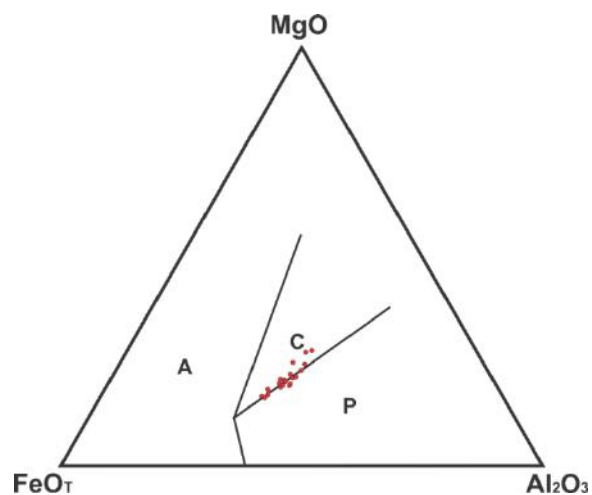


Figura 57 – Classificação dos grãos de biotita₁ do metagranitoide Macuco de Minas segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994). (A) Suítes alcalinas anorogênicas; (C) Suítes cálcio-alcalinas orogênicas; (P) Suítes peraluminosas.

Tabela 12 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita₁ do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-4B			CH-23B							CH-37									
Análise	5	57	61	40	41	42	52	56	66	67	22	24	43	51	59	67	80	81	82	83
Óxidos normalizados																				
SiO ₂	34,17	34,23	34,52	33,91	35,57	34,97	36,56	36,57	35,59	36,66	35,68	35,11	35,82	36,84	37,21	36,98	36,25	37,09	35,91	36,32
TiO ₂	1,21	1,87	1,92	2,00	2,21	1,88	0,64	1,28	1,60	1,80	1,39	1,22	1,50	1,73	1,57	1,85	1,51	1,60	1,60	1,57
Al ₂ O ₃	19,35	19,25	17,69	17,75	18,44	19,41	19,76	19,22	18,61	19,49	17,81	19,77	19,08	19,11	19,09	18,05	20,03	19,35	18,73	18,72
FeO	24,24	23,80	26,05	25,25	22,52	21,94	17,70	18,50	20,51	18,98	22,51	21,72	21,58	20,70	21,15	22,91	20,30	20,61	22,40	22,08
MnO	0,44	0,45	0,39	0,47	0,35	0,22	0,32	0,31	0,34	0,23	0,22	0,26	0,25	0,18	0,17	0,27	0,29	0,00	0,36	0,35
MgO	10,07	9,89	8,59	9,56	9,67	10,09	14,26	14,02	12,73	12,33	10,57	11,48	11,27	10,72	10,75	10,00	12,06	10,85	10,65	10,35
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,26	0,32	0,22	0,18	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	10,52	10,51	10,84	11,06	11,24	11,24	10,52	9,78	10,40	10,31	11,81	10,32	10,27	10,72	10,05	9,86	9,33	10,50	10,31	10,61
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Átomos na base de 22 O																				
Si	5,07	5,06	5,20	5,11	5,27	5,17	5,26	5,26	5,20	5,29	5,30	5,75	5,44	5,36	5,40	5,83	5,24	5,38	5,51	5,33
Ti	0,13	0,21	0,22	0,23	0,25	0,21	0,07	0,14	0,18	0,20	0,16	0,15	0,17	0,19	0,17	0,22	0,16	0,17	0,18	0,17
Al	3,38	3,35	3,14	3,15	3,22	3,38	3,35	3,26	3,20	3,32	3,12	3,82	3,41	3,28	3,26	3,35	3,41	3,31	3,38	3,24
Fe	2,96	2,90	3,24	3,14	2,75	2,67	2,10	2,20	2,47	2,26	2,76	2,93	2,70	2,49	2,53	2,98	2,42	2,46	2,83	2,67
Mn	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,00	0,05	0,04
Mg	2,22	2,18	1,93	2,15	2,13	2,22	3,06	3,01	2,77	2,65	2,34	2,80	2,55	2,32	2,32	2,35	2,60	2,35	2,43	2,26
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,09	0,06	0,05	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00
K	1,99	1,98	2,08	2,12	2,12	2,12	1,93	1,79	1,94	1,90	2,24	2,16	1,99	1,99	1,86	1,98	1,72	1,94	2,02	1,98
Fe/(Fe + Mg)	0,57	0,57	0,63	0,59	0,56	0,55	0,41	0,42	0,47	0,46	0,54	0,51	0,51	0,52	0,52	0,56	0,48	0,51	0,54	0,54

Tabela 12 (continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita₁ do metagranitoide Macuco de Minas.

Amostra	CH-48			
Análise	21	25	26	27
Óxidos normalizados				
SiO ₂	34,32	34,83	35,48	36,07
TiO ₂	1,64	1,78	1,90	1,87
Al ₂ O ₃	17,47	18,14	17,66	19,51
FeO	26,38	25,31	25,05	22,25
MnO	0,46	0,36	0,36	0,32
MgO	8,73	9,07	8,68	9,84
Na ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00
K ₂ O	10,99	10,50	10,88	10,14
Total	100	100	100	100
Átomos na base de 22 O				
Si	5,19	5,21	5,31	5,28
Ti	0,19	0,20	0,21	0,21
Al	3,11	3,20	3,11	3,37
Fe	3,29	3,12	3,09	2,69
Mn	0,06	0,05	0,05	0,04
Mg	1,97	2,02	1,93	2,15
Na	0,00	0,00	0,00	0,00
K	2,12	2,00	2,07	1,89
Fe/(Fe + Mg)	0,63	0,61	0,61	0,56

A titanita é o principal mineral acessório do metagranitoide Macuco de Minas e seus cristais apresentam relevo alto, pleocroísmo elevado, além de ocasionalmente estarem geminados. De maneira semelhante à biotita, duas variedades de titanita foram identificadas: (1) titanita₁ ígnea, com cristais subédricos a euédricos de hábito losangular característico (Figura 52), os quais atingem até 3 mm de tamanho e possuem inclusões de apatita e zircão, além de raros grãos de magnetita; (2) titanita₂ metamórfica, com diminutos cristais anédricos a subédricos, que ocorrem em conjunto com biotita₂ e epidoto (Figura 53). Em MEV/EDS foi possível identificar um cristal de titanita₂ com núcleo de ilmenita (Figura 58).

Cristais de allanita são comuns e geralmente ocorrem associados à agregados de minerais máficos no metagranitoide Macuco de Minas (Figura 52). Os grãos variam de anédricos a euédricos, atingem até 2 mm e possuem geralmente núcleo metamictizado e borda envolvida por epidoto metamórfico (Figura 59). Cristais subédricos e euédricos de zircão são comuns e ocorrem como inclusões na maioria dos minerais constituintes da rocha. Podem atingir até 200 µm de tamanho, possuem relevo alto, halo metamítico e cores de interferência de 3ª ordem. Frequentemente exibem zoneamento composicional (Figura 60) e raramente são

encontradas inclusões de apatita alongada. É importante destacar a presença de grãos de zircão possivelmente herdados, que ocorrem com sobrecrecimento em suas bordas (Figura 61). Esses também podem possuir inclusões de apatita (Figura 62).

Cristais de apatita são observados dispersos pelo metagranitoide Macuco de Minas, medem até 100 μm , apresentam forma alongada ou arredondada e ocorrem inclusos em todos os minerais ígneos primários (Figura 63).

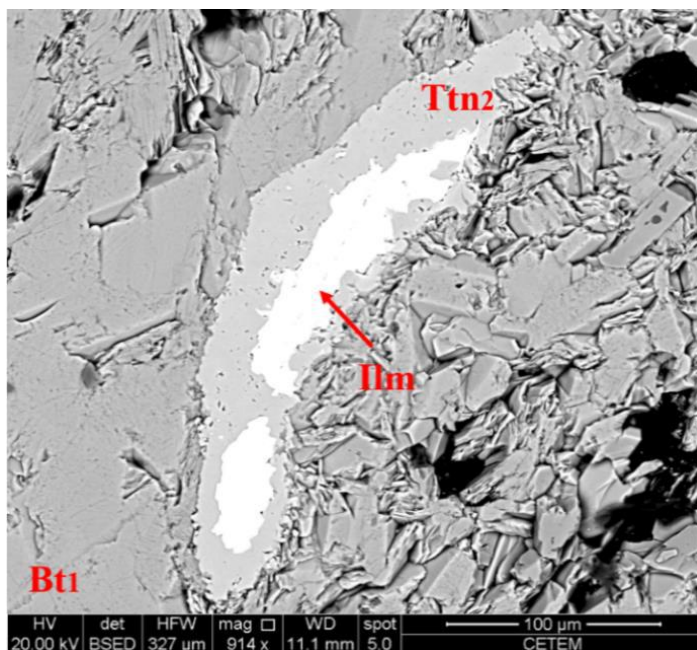


Figura 58 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-48 do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de biotita₁ (Bt₁) associado a grão subédrico de titanita₂ (Ttn₂) com núcleo de ilmenita (Ilm).

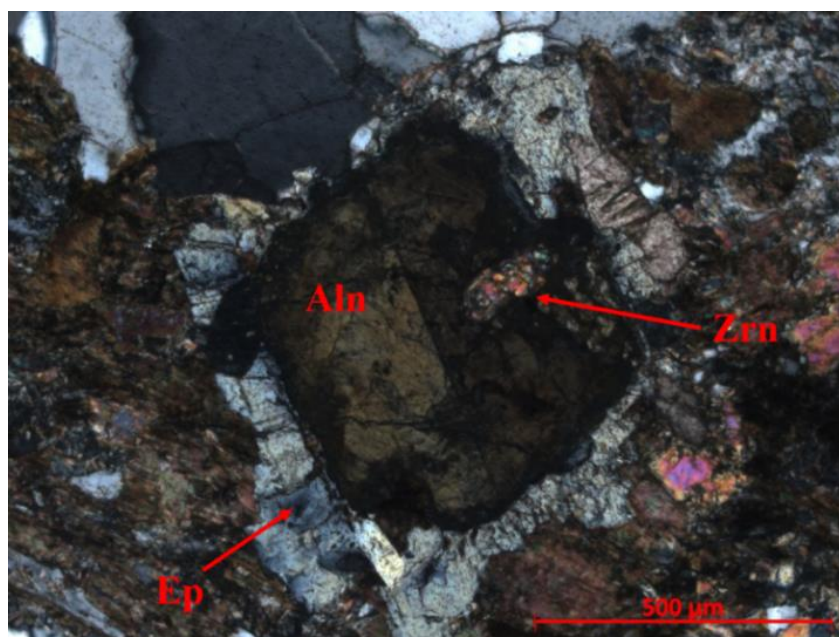


Figura 59 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-50C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal euédrico de allanita de aproximadamente 1 mm com geminação de *Calsbad* e com a borda envolvida por epidoto metamórfico.

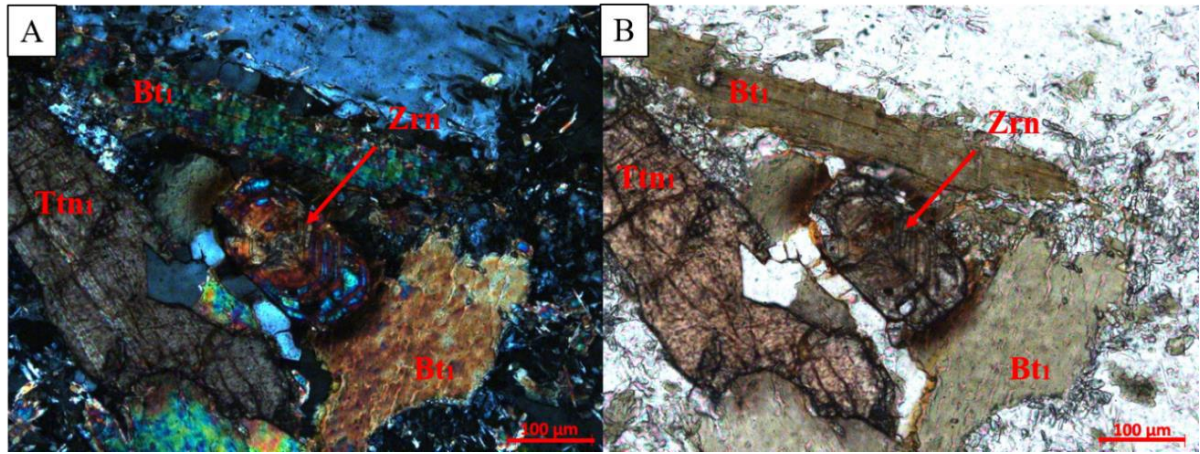


Figura 60 – Fotomicrografia da amostra CH-4B do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal euédrico de zircão (Zrn) com halo metamictico e zoneamento, além de biotita₁ (Bt1) e titanita₁ (Ttn1). A: polarização cruzada. B: polarização paralela.

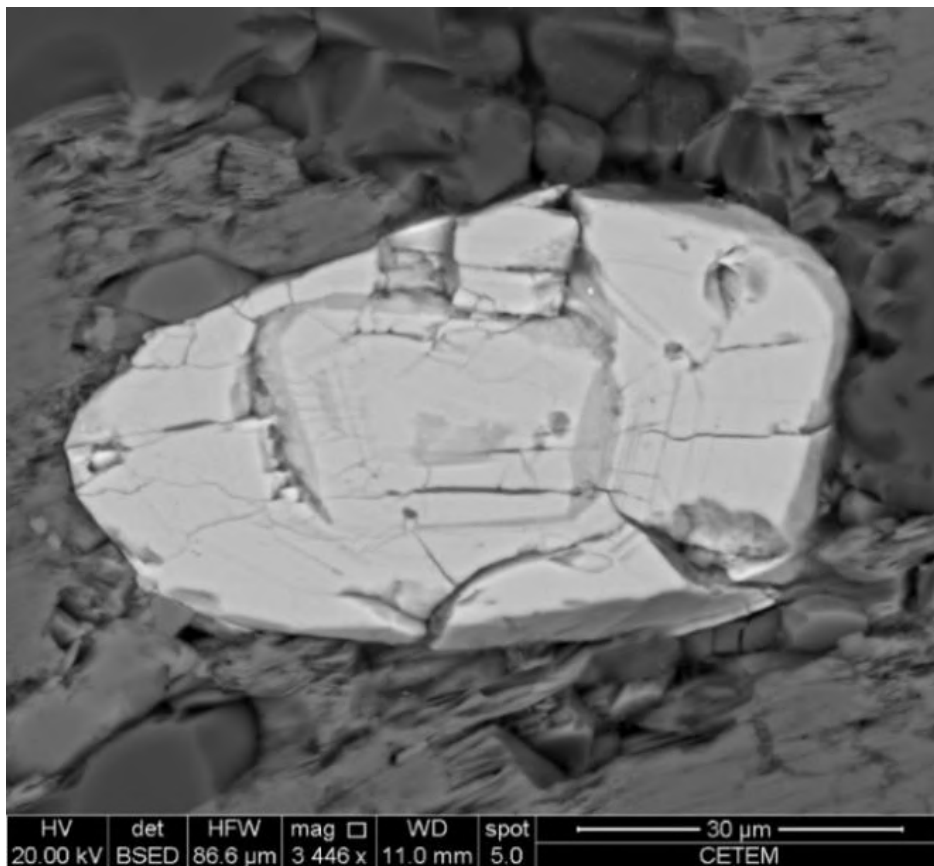


Figura 61 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-48 do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de zircão euédrico com núcleo herdado.

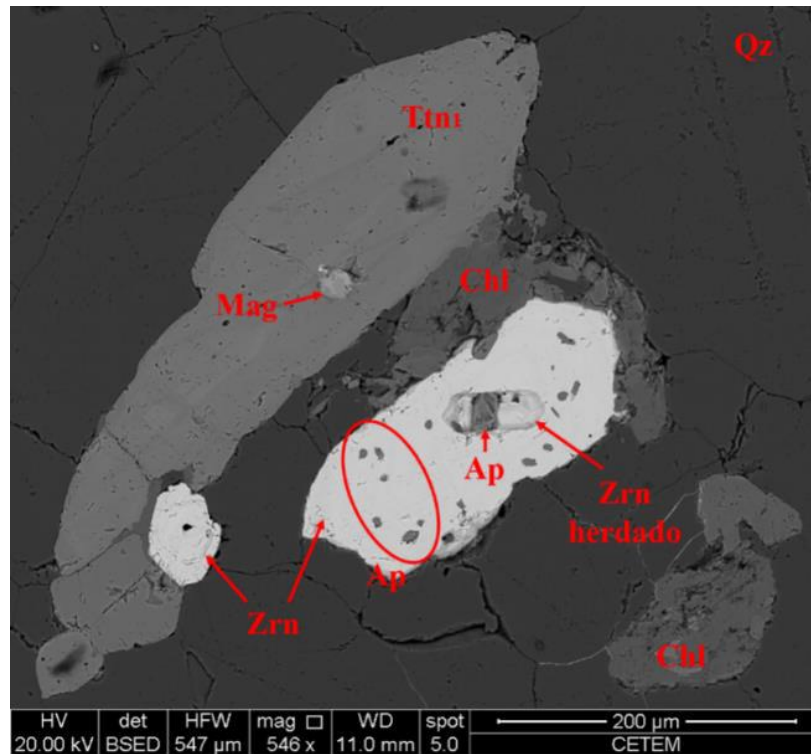


Figura 62 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-37 do metagranitoide Macuco de Minas mostrando cristal de zircão (Zrn) subédrico com diversas inclusões menores de apatita (círculo vermelho). Destaca-se neste grão a presença de um inclusão de zircão, que possui uma inclusão de apatita (Ap) em seu centro. Presença de um cristal subédrico de titanita₁ (Ttn1) com inclusões de zircão e de um óxido de Fe, possivelmente magnetita (Mag), além de cristais anédricos de clorita (Chl).

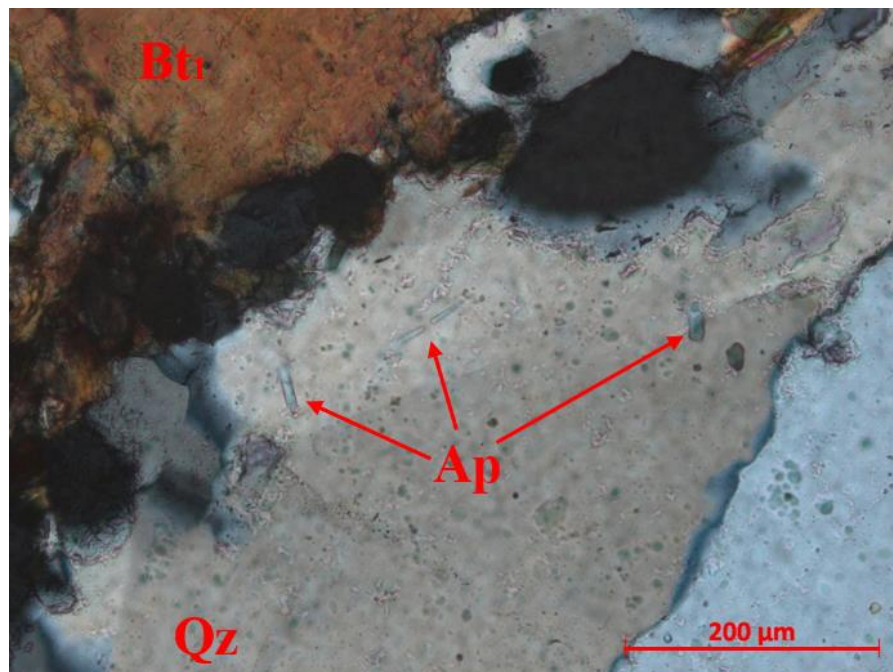


Figura 63 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CA-11C do metagranitoide Macuco de Minas mostrando grão de quartzo com diversas inclusões de cristais euédricos e alongados de apatita.

8.2 – Corpos intrusivos no metagranitoide Macuco de Minas

8.2.1 – Metagranitoide fino

As rochas do metagranitoide fino são leucocráticas, com índice de cor entre 10 e 15%, sua textura varia de equigranular (Figura 64) a microporfirítica, com fenocristais de até 1,5 mm de microclínio e plagioclásio, os quais estão imersos em matriz fina a muito fina. A mineralogia essencial é representada por quartzo, microclínio, plagioclásio e biotita, enquanto ilmenita, titanita, allanita, zircão e apatita são acessórios. Muscovita, epidoto, clorita e sericita são metamórficos e/ou secundários. Em termos de composição modal (Figura 65), as rochas do metagranitoide fino correspondem a monzogranitos, segundo o diagrama QAP de Streckeisen (1976).

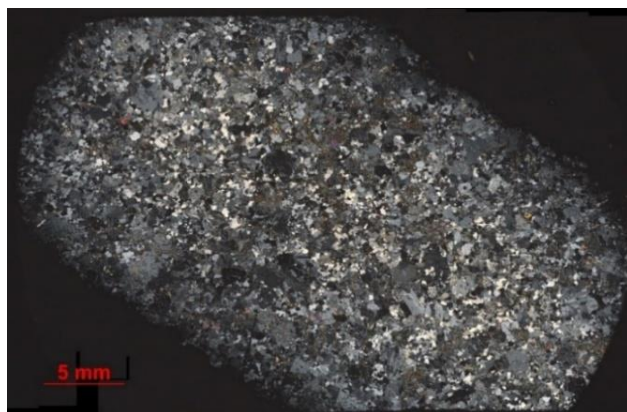


Figura 64 – Fotomosaico em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino com textura equigranular.

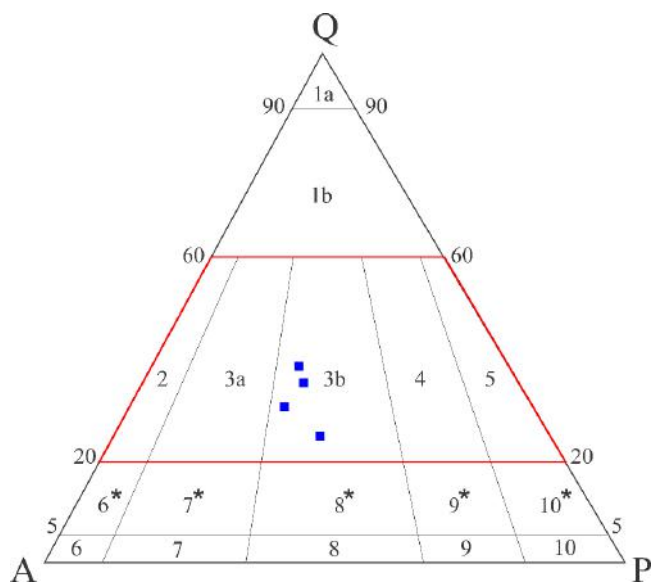


Figura 65 – Classificação do metagranitoide fino no diagrama QAP de Streckeisen (1976) para rochas plutônicas com campo dos granitoides destacado em vermelho. 1a - Quartzolito (silexito); 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali-feldspato granito; 3a - Sienogranito; 3b - Monzogranito; 4 - Granodiorito; 5 - Tonalito; 6* - Quartzo álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzo sienito; 8* - Quartzo monzonito; 9* - Quartzo monzodiorito/Quartzo monzogabro; 10* - Quartzo diorito/Quartzo gabro/Quartzo anortosito; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 - Sienito; 8 - Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro; 10 - Diorito/gabro/anortosito.

Os cristais de quartzo atingem até 200 μm e estão predominantemente recrystalizados, formando padrões de novos grãos sub-poligonizados a poligonizados, que ocorrem dispersos pela rocha (Figura 66).

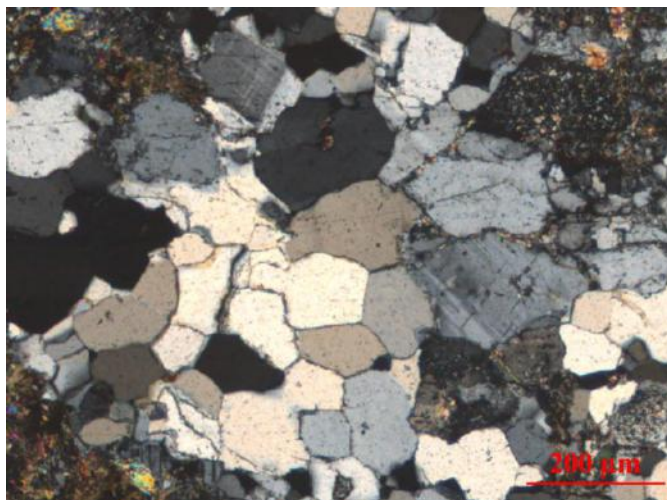


Figura 66 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando grãos de quartzo sub-poligonizados e com contato de 120 graus.

O microclínio ocorre em grãos desde anédricos a subédricos, estando presente tanto na matriz quanto em microfenocristais, que podem atingir até 1,5 mm e exibir geminação *Tartan* (Figura 67) ou de *Carlsbad*. Intercrescimento pertítico é comum, sendo que em alguns casos as lamelas de plagioclásio (albita) são muito espessas (Figura 68), podendo quase se igualar em proporção ao microclínio, formando mesopertitas. Apresenta inclusões de cristais subédricos a euédricos de plagioclásio saussuritizados (Figura 69). Quanto à sua composição, os cristais de microclínio possuem elevado conteúdo de K_2O e baixo de Na_2O e CaO (Figura 70), enquanto BaO varia de 1,3 a 2,1% peso (Tabela 13).

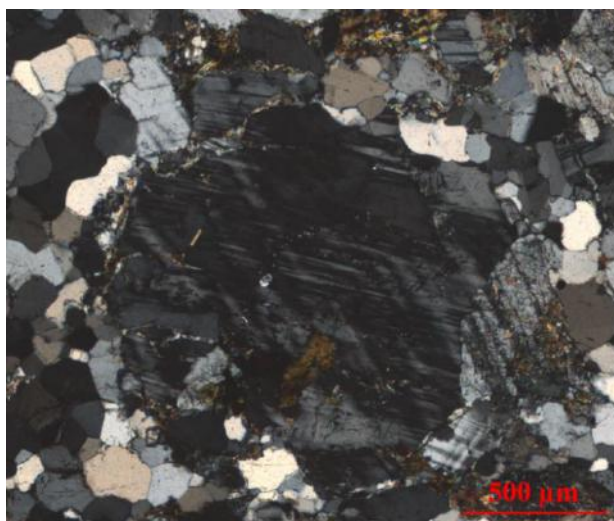


Figura 67 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando microfenocristal anédrico de microclínio com geminação *Tartan*.

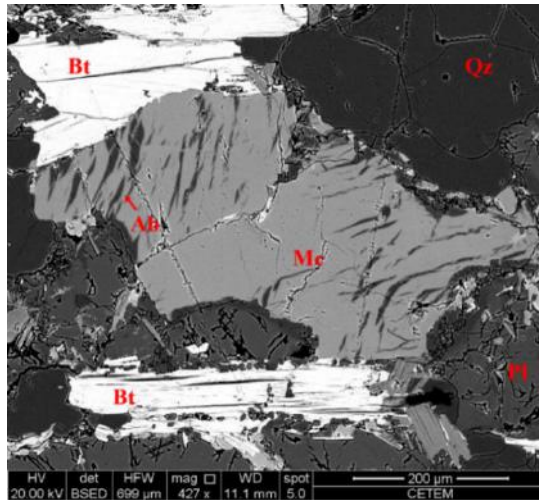


Figura 68 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH07 do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com intercrescimento pertítico, representado por lamelas de albita (Ab). Presença de cristais subédricos de biotita (Bt) ou anédricos de quartzo (Qz) e plagioclásio (Pl).



Figura 69 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-03 do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com inclusões tabulares de plagioclásio saussuritizado (Pl).

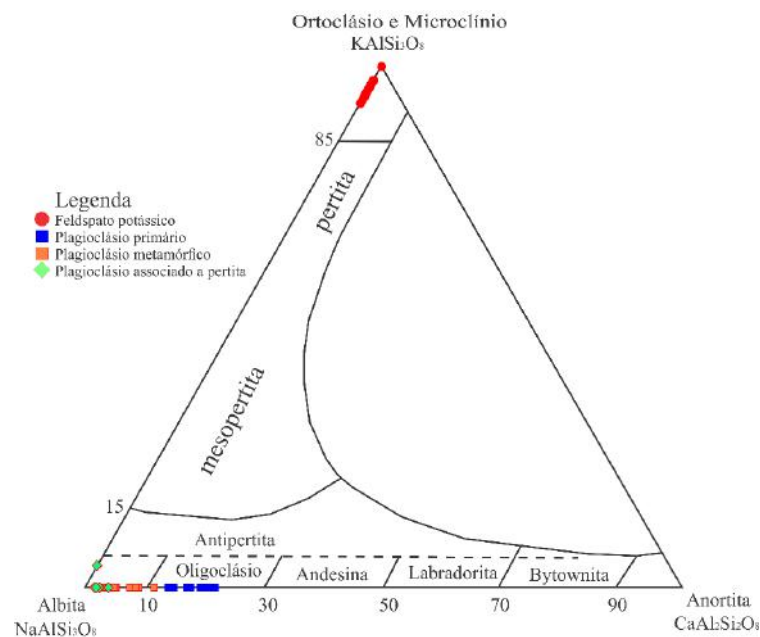


Figura 70 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide fino no diagrama ternário de Deer *et al.* (1993).

O plagioclásio ocorre geralmente na matriz da rocha, seus grãos variam de anédricos a subédricos e podem atingir até 800 μm , enquanto os microfenocristais são tabulares e alongados, normalmente com 1,5 mm. Apresenta geminação polissintética e de *Carlsbad*, bem como encontra-se frequentemente saussuritizado em seu centro (Figuras 71A e B). Foram observados cristais totalmente envolvidos por microclínio e com bordas irregulares (Figura 72). Quanto à composição, os cristais de plagioclásio variam de An_{14} a An_{22} e correspondem a oligoclásio (Tabela 14; Figura 70), destacando-se a presença de até 3,6% SrO em peso. Quando saussuritizados, os cristais apresentam composição sódica (An_{02} a An_{11}), correspondendo principalmente a albita (Figura 70) e, raramente, oligoclásio.

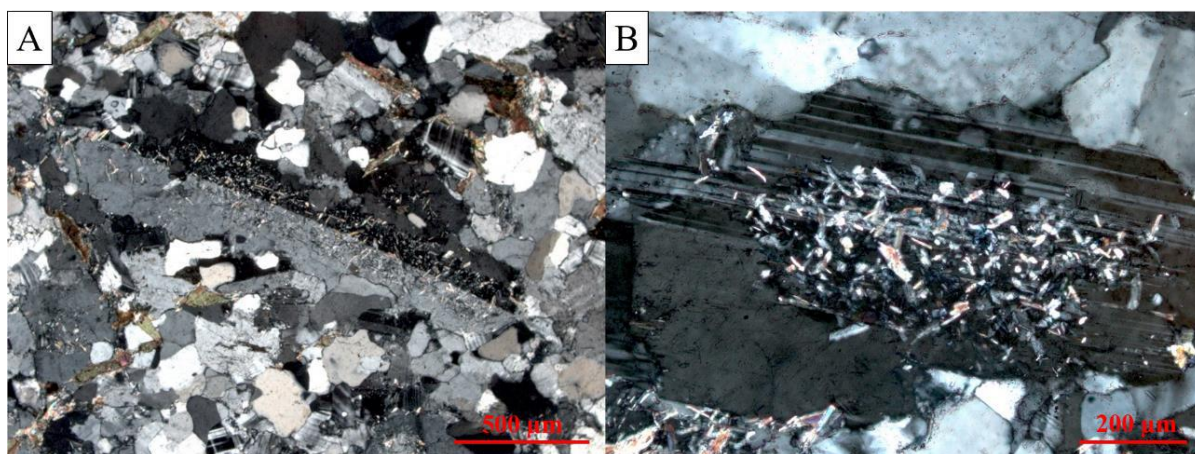


Figura 71 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-93C do metagranitoide fino mostrando cristais de plagioclásio com núcleo saussuritizado. (A) microfenocristal tabular com 1,5 mm e geminação de *Carlsbad*. (B) cristal anédrico e com geminação polissintética.

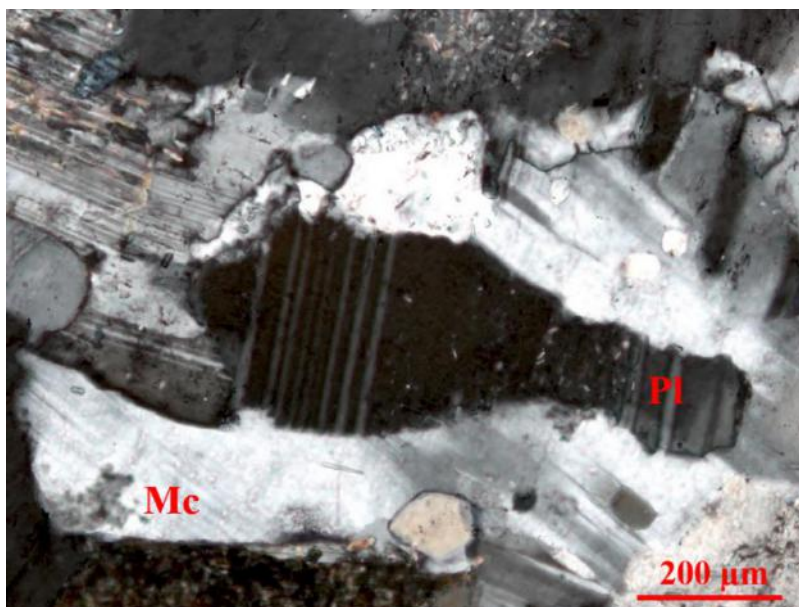


Figura 72 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-93C do metagranitoide fino mostrando cristal anédrico de plagioclásio (Pl) envolvido por cristal de microclínio (Mc) e com bordas irregulares indicativas de reação.

Tabela 13 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide fino.

Amostra	CH-03											CH-07									
Análise	4	5	10	11	12	13	19	20	21	22	36	1	16	18	19	21	24	36	38	39	40
Óxidos normalizados																					
SiO ₂	59,08	59,06	59,51	58,93	59,01	59,21	58,68	59,19	59,71	61,92	60,77	58,88	58,90	58,94	59,34	57,42	58,92	58,16	58,74	57,94	58,49
Al ₂ O ₃	19,51	19,22	19,35	18,94	19,49	19,65	19,69	19,33	19,41	19,64	19,79	19,80	19,76	19,77	19,52	19,63	19,69	19,76	19,78	19,91	19,66
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,67	0,58	0,72	0,85	0,63	0,66	0,69	0,75	0,74	0,00	0,00	0,00	0,50	0,68	0,50	0,84	0,00	0,65	0,54	0,57	0,41
K ₂ O	17,70	18,43	17,55	18,26	18,11	17,74	18,54	18,37	17,65	17,70	16,49	18,10	17,94	16,85	17,18	16,74	17,71	18,09	17,34	17,95	17,51
BaO	0,52	0,47	0,75	0,80	0,56	0,51	0,44	0,39	0,57	0,74	0,56	1,24	1,10	1,21	1,39	2,93	1,15	1,18	1,18	1,29	1,42
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O																					
Si	11,37	11,40	11,43	11,40	11,37	11,38	11,32	11,39	11,44	11,65	11,53	11,36	11,35	11,35	11,42	11,24	11,37	11,27	11,33	11,24	11,33
Al	4,43	4,37	4,38	4,32	4,42	4,45	4,47	4,38	4,38	4,35	4,43	4,50	4,49	4,49	4,43	4,52	4,48	4,51	4,50	4,55	4,49
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,25	0,22	0,27	0,32	0,24	0,24	0,26	0,28	0,27	0,00	0,00	0,00	0,19	0,25	0,19	0,32	0,00	0,24	0,20	0,21	0,15
K	4,35	4,53	4,30	4,51	4,45	4,35	4,56	4,51	4,31	4,25	3,99	4,45	4,41	4,14	4,22	4,18	4,36	4,47	4,27	4,44	4,32
Ba	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,08	0,09	0,10	0,22	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	5,45	4,54	5,89	6,58	5,03	5,33	5,34	5,83	5,96	0,00	0,00	0,00	4,08	5,76	4,26	7,06	0,00	5,19	4,55	4,57	3,44
Anortita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	94,55	95,46	94,11	93,42	94,97	94,67	94,66	94,17	94,04	100,00	100,00	100,00	95,92	94,24	95,74	92,94	100,00	94,81	95,45	95,43	96,56

Tabela 13(continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide fino.

Amostra	CH-93C								
Análise	5	6	7	20	28	30	31	35	36
Óxidos normalizados									
SiO ₂	62,11	61,33	61,33	60,93	61,50	61,56	61,68	61,76	61,78
Al ₂ O ₃	18,10	18,29	18,29	17,86	18,02	17,83	18,14	18,15	18,27
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,38	0,51	0,51	0,51	0,55	0,65	0,35	0,51	0,51
K ₂ O	19,41	19,86	19,86	19,79	19,93	19,09	19,00	19,58	19,44
BaO	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,87	0,82	0,00	0,00
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O									
Si	11,77	11,67	11,67	11,68	11,71	11,74	11,74	11,73	11,72
Al	4,04	4,10	4,10	4,04	4,04	4,01	4,07	4,06	4,08
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,14	0,19	0,19	0,19	0,20	0,24	0,13	0,19	0,19
K	4,69	4,82	4,82	4,84	4,84	4,64	4,61	4,74	4,70
Ba	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,07	0,06	0,00	0,00
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	2,90	3,76	3,76	3,80	4,00	4,92	2,74	3,81	3,81
Anortita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	97,10	96,24	96,24	96,20	96,00	95,08	97,26	96,19	96,19

Os minerais máficos do metagranito fino são diminutos, correspondem à biotita, allanita e ilmenita, ocorrem sempre associados e estão orientados segundo a foliação da rocha (Figura CH-73A e B). Os cristais de biotita variam de anédricos a subédricos, apresentam hábito tabular e raramente ultrapassam 300 µm de tamanho. Possuem pleocroísmo marrom e relevo médio, além de cores de interferência altas. Quando alterados transformam-se em clorita ou muscovita. Quanto à sua composição, os grãos de biotita possuem relação Fe/(Fe + Mg) entre 0,56 e 0,69 (Tabela 15). Todas as análises de EDS plotam na série de solução sólida flogopita-annita no diagrama de classificação das micas do grupo da biotita, correspondendo a membros enriquecidos em Fe da série (Figura 74).

Observa-se no diagrama triangular MgO x FeO_T x Al₂O₃ de Nockolds (1947) que quase todas as análises plotaram no campo II, indicando que biotita seria o principal mineral máfico constituinte do metagranito fino. Apenas um grão, mais rico em Al₂O₃, plotou no campo I, que representa grãos de biotita associados a minerais ricos em Al (Figura 75). No diagrama de ambiência MgO x FeO_T x Al₂O₃ de Abdel-Rahman (1994), as análises plotam predominantemente no campo das suítes peraluminosas ou no limite com as suítes cálcio-alcalinas orogênicas (Figura 76).

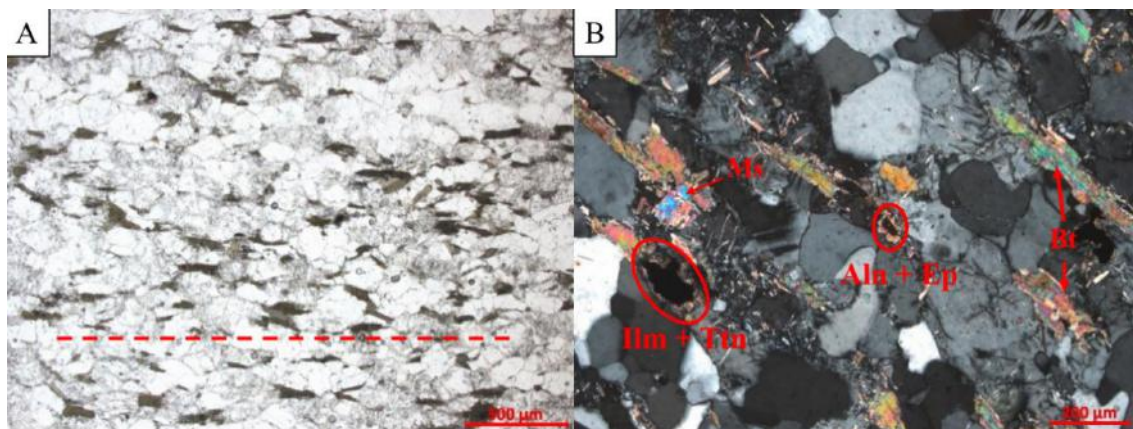


Figura 73 – Minerais máficos marcando a orientação do metagranitoide fino. (A) fotomicrografia mostrando a biotita e outros máficos orientados segundo direção da foliação (indicada pela linha tracejada). (B) fotomicrografia detalhando os minerais máficos, representados por biotita (Bt), allanita (Aln), epidoto (Ep), ilmenita (Ilm) e titanita (Ttn). Notar presença de muscovita (Ms) (Amostra CH-07 com polarização paralela e cruzada).

Tabela 14 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide fino

	Plagioclásio (alterado)										Plagioclásio								Plagioclásio (pertita)				
Amostra	CH-03										CH-07												
Análise	16	17	37	38	39	40	43	44	45	46	8	11	17	22	25	33	48	2	20	23	41	42	
Óxidos normalizados																							
SiO ₂	63,04	62,86	63,20	63,95	66,01	64,60	62,81	61,92	62,54	60,80	59,26	58,51	58,32	58,49	58,20	58,70	58,18	63,70	64,23	63,23	64,02	63,35	
Al ₂ O ₃	21,31	21,30	21,09	21,10	22,55	22,67	20,72	22,19	20,91	22,08	23,32	24,27	24,14	23,01	23,60	24,00	23,59	21,13	21,13	21,37	21,78	21,52	
CaO	1,14	1,26	1,07	0,58	1,52	2,45	0,63	1,93	1,71	1,99	4,27	5,10	4,93	4,85	5,10	5,01	5,20	0,46	0,38	0,43	0,56	0,47	
Na ₂ O	12,10	12,38	11,62	11,49	9,92	10,28	12,30	10,70	11,42	11,57	10,88	10,10	10,39	11,02	10,62	9,95	10,76	12,70	11,97	12,81	11,57	12,27	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,28	2,04	2,23	2,63	2,49	2,34	2,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Número de átomos na base de 32 O																							
Si	11,33	11,30	11,38	11,46	11,54	11,37	11,37	11,17	11,32	11,06	10,77	10,62	10,61	10,70	10,63	10,67	10,62	11,41	11,48	11,35	11,41	11,36	
Al	4,51	4,51	4,47	4,45	4,64	4,70	4,42	4,72	4,46	4,73	4,99	5,19	5,17	4,96	5,08	5,14	5,07	4,46	4,45	4,52	4,57	4,55	
Ca	0,22	0,24	0,21	0,11	0,28	0,46	0,12	0,37	0,33	0,39	0,83	0,99	0,96	0,95	1,00	0,97	1,02	0,09	0,07	0,08	0,11	0,09	
Na	4,22	4,32	4,05	3,99	3,36	3,51	4,31	3,74	4,01	4,08	3,83	3,55	3,66	3,91	3,76	3,51	3,81	4,41	4,15	4,46	4,00	4,27	
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,21	0,24	0,28	0,26	0,25	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Albita	95,03	94,69	95,15	97,28	92,20	88,37	97,24	90,93	92,34	91,33	82,18	78,19	79,23	80,46	79,04	78,26	78,94	98,04	98,25	98,20	97,41	97,94	
Anortita	4,97	5,31	4,85	2,72	7,80	11,63	2,76	9,07	7,66	8,67	17,82	21,81	20,77	19,54	20,96	21,74	21,06	1,96	1,75	1,80	2,59	2,06	
Ortoclásio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tabela 14 (continuação) – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide fino. Pl: cristal de plagioclásio.

	Plagioclásio						Pl. (pertita)		Plagioclásio (alterado)		
Amostra	CH-93C										
Análise	4	19	21	23	27	34	17	32	22	24	25
Óxidos normalizados											
SiO ₂	62,56	62,71	61,45	60,92	62,22	61,54	67,87	65,67	65,40	66,08	65,67
Al ₂ O ₃	21,01	22,05	22,37	22,04	22,91	22,59	19,48	19,95	20,53	20,40	20,11
CaO	3,86	3,19	4,05	4,52	2,83	4,11	0,00	0,85	0,73	1,11	0,98
Na ₂ O	10,25	9,93	9,26	10,30	9,62	9,22	11,85	10,90	11,08	10,65	10,80
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SrO	2,32	2,11	2,86	2,23	2,42	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O											
Si	11,27	11,23	11,09	11,02	11,15	11,08	11,93	11,70	11,64	11,70	11,69
Al	4,46	4,66	4,76	4,70	4,83	4,79	4,03	4,19	4,30	4,26	4,22
Ca	0,75	0,61	0,78	0,88	0,54	0,79	0,00	0,16	0,14	0,21	0,19
Na	3,58	3,45	3,24	3,61	3,34	3,22	4,04	3,77	3,82	3,66	3,73
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sr	0,24	0,22	0,30	0,23	0,25	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	82,77	84,91	80,54	80,49	86,01	80,25	95,73	95,89	96,47	94,58	95,21
Anortita	17,23	15,09	19,46	19,51	13,99	19,75	0,00	4,11	3,53	5,42	4,79
Ortoclásio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,27	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela 15 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita do metagranitoide fino.

Amostra	CH-03				CH-07										CH-93C			
Análise	7	15	28	33	3	7	12	13	32	34	35	37	47	50	50	12	37	38
Óxidos normalizados																		
SiO ₂	33.35	34.55	34.17	34.20	35.57	36.50	34.59	35.38	33.42	33.28	34.04	33.91	34.79	33.55	34.58	36.26	35.61	36.08
TiO ₂	2.00	1.85	1.71	1.88	1.86	1.45	1.96	2.19	2.16	1.85	1.85	1.88	1.69	1.95	2.27	1.76	2.20	2.38
Al ₂ O ₃	18.79	19.50	17.74	18.26	18.93	22.45	17.44	19.12	17.06	17.50	18.71	18.29	19.16	16.97	17.60	17.18	17.57	18.83
FeO	26.25	25.22	27.96	25.79	22.19	20.99	24.03	22.90	26.76	25.99	24.45	25.39	23.65	26.60	24.26	24.85	24.13	22.73
MnO	0.40	0.40	0.51	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.33	0.15
MgO	7.87	8.14	7.07	8.13	9.73	9.03	8.62	9.84	8.35	8.81	9.60	9.30	9.49	8.34	8.37	7.76	7.94	9.03
K ₂ O	10.00	9.06	10.85	10.15	10.63	9.58	12.01	10.56	10.94	11.25	10.20	9.98	9.87	11.26	11.49	11.88	12.22	10.80
SrO	1.34	1.29	0.00	1.16	1.10	0.00	1.36	0.00	1.30	1.31	1.16	1.24	1.35	1.32	1.42	0.00	0.00	0.00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Elementos na base de 22 O																		
Si	5.06	5.16	5.20	5.16	5.26	5.26	5.24	5.21	5.11	5.08	5.10	5.11	5.18	5.14	5.23	5.44	5.34	5.31
Ti	0.23	0.21	0.20	0.21	0.21	0.16	0.22	0.24	0.25	0.21	0.21	0.21	0.19	0.22	0.26	0.20	0.25	0.26
Al	3.36	3.43	3.18	3.25	3.30	3.81	3.11	3.32	3.07	3.15	3.30	3.24	3.36	3.06	3.14	3.04	3.11	3.27
Fe	3.28	3.10	3.51	3.21	2.71	2.49	3.00	2.78	3.38	3.27	3.02	3.15	2.90	3.36	3.02	3.07	2.99	2.76
Mn	0.05	0.05	0.07	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.02
Mg	1.78	1.81	1.60	1.83	2.14	1.94	1.95	2.16	1.90	2.01	2.14	2.09	2.10	1.90	1.89	1.73	1.78	1.98
K	1.93	1.72	2.11	1.96	2.01	1.76	2.32	1.98	2.13	2.19	1.95	1.92	1.87	2.20	2.22	2.27	2.34	2.03
Sr	0.12	0.11	0.00	0.10	0.09	0.00	0.12	0.00	0.12	0.12	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12	0.00	0.00	0.00
Fe/(Fe + Mg)	0.65	0.63	0.69	0.64	0.56	0.56	0.61	0.56	0.64	0.62	0.58	0.60	0.58	0.64	0.62	0.64	0.63	0.58

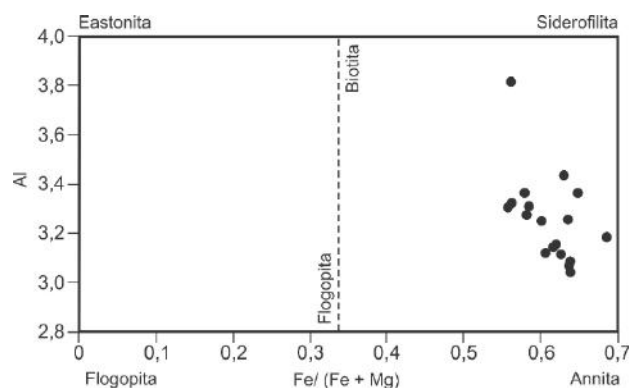


Figura 74 – Diagrama de classificação Al x Fe/(Fe + Mg) de Deer *et al.* (1992) aplicado para as micas escuras do metagranitoide fino.

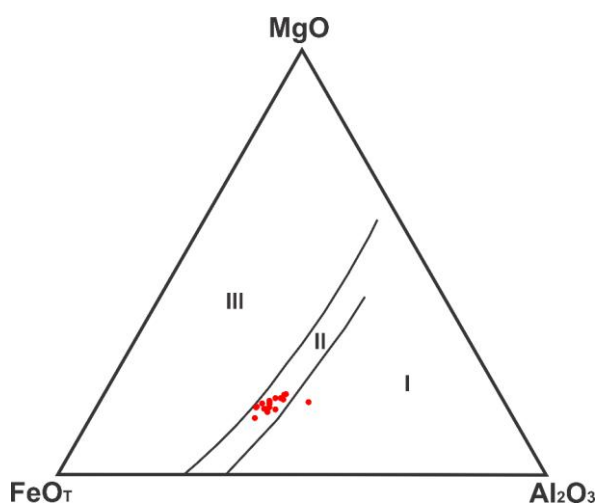


Figura 75 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide fino no diagrama ternário de Nockolds (1947). (I) Biotita associada com minerais ricos em Al; (II) Biotita que ocorre como principal mineral máfico; (III) biotita associada com hornblenda, piroxênio e/ou olivina.

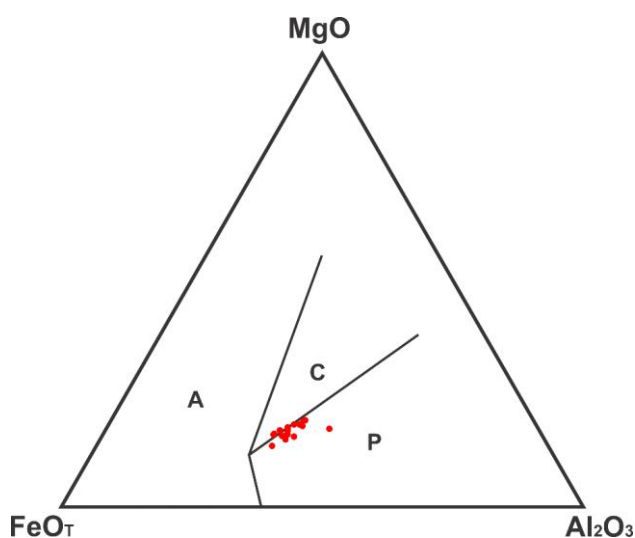


Figura 76 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide fino segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994). (A) Suítes alcalinas anorogênicas; (C) Suítes cálcio-alcalinas orogênicas; (P) Suítes peraluminosas.

Os cristais de allanita variam de anédricos a subédricos, raramente ultrapassam 300 µm e exibem núcleo metamictizado e borda completamente envolvida por epidoto metamórfico (Figura 77). A ilmenita é o único mineral opaco do metagranitoide fino, seus cristais variam de anédricos a subédricos, medem até 300 µm e estão sempre envolvidos por grãos anédricos ou raramente subédricos de titanita (Figuras 77 e 78).

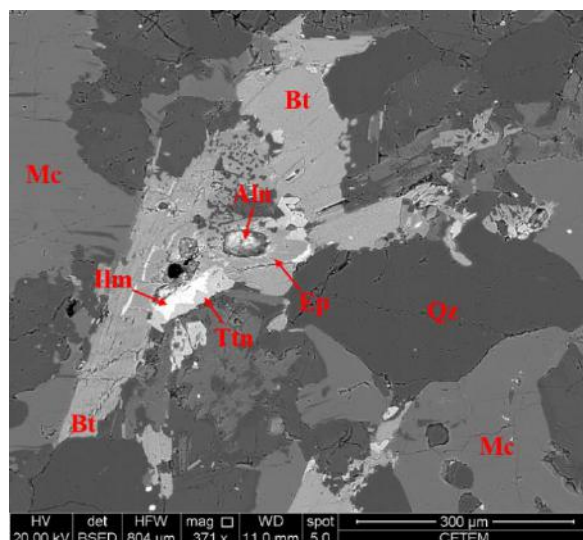


Figura 77 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-93C mostrando aglomerado de minerais máficos, representados por biotita (Bt), allanita (Aln), que está envolvida por epidoto (Ep) e ilmenita (Ilm) com titanita (Ttn) ao redor.

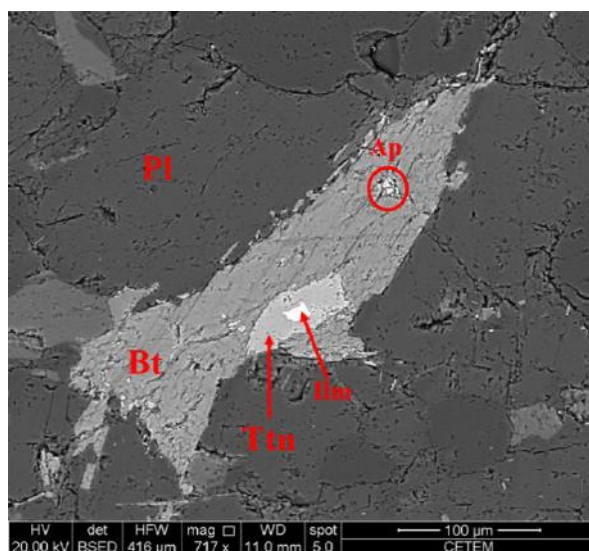


Figura 78 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-93C mostrando cristal de biotita com inclusão de apatita (Ap) e de titanita (Ttn) com núcleo irregular de ilmenita (Ilm).

Os grãos de apatita são raros, diminutos, variam de anédricos a subédricos, possuem relevo médio, cor de interferência cinza e ocorrem como inclusões nos grãos de quartzo, plagioclásio, microclínio e biotita (Figura 78). O zircão é observado em cristais subédricos a euédricos, que medem até 50 µm e ocorrem como inclusões nos grãos de

quartzo, plagioclásio, microclínio e biotita. Em MEV/EDS foram identificados grãos de zircão com inclusões e/ou exsoluções anédricas de thorita (Figura 79).

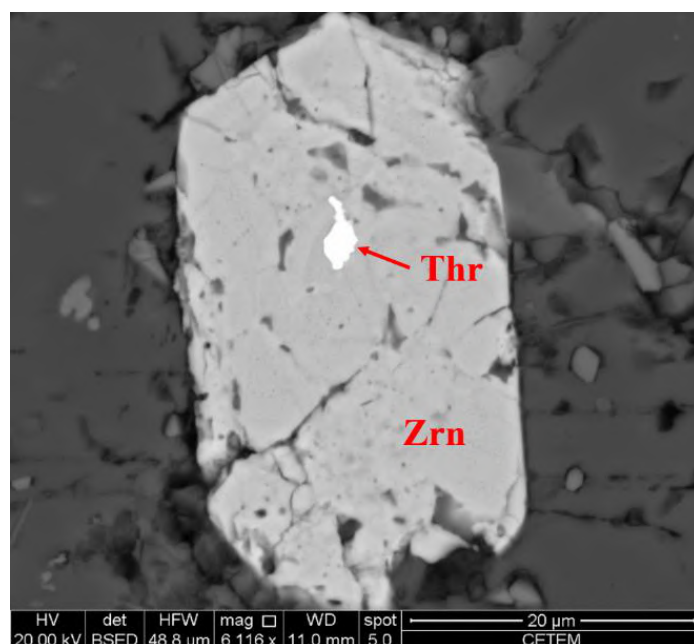


Figura 79 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-03 mostrando cristal euédrico de zircão (Zrn) com inclusão e/ou exsolução anédrica de thorita (Thr).

Uma ordem de cristalização aproximada foi estabelecida para o metagranitoide fino, com base nas relações de inclusão e transformação metamórfica: (1) zircão, apatita, ilmenita e allanita; (2) thorita; (3) titanita; (4) plagioclásio; (5) biotita; (6) microclínio; (7) quartzo; (8) minerais metamórficos representados por muscovita, epidoto e clorita.

8.2.2 – Metagranitoide com titanita

As rochas do metagranitoide com titanita são leucocráticas (índice de cor entre 20 a 25%) e apresentam duas variedades texturais: (1) equigranular fina a média (Figura 80); e (2) ocelar definida pela presença de aglomerados arredondados ou elípticos de quartzo, plagioclásio e microclínio, que ocorrem com cristais de titanita em seu centro (Figura 81). Sua mineralogia essencial é representada por quartzo, plagioclásio, microclínio e biotita, enquanto titanita, allanita, zircão e apatita são acessórios frequentes. Muscovita, epidoto, clinozoisita e sericita são minerais metamórficos e/ou secundários. Em termos de composição modal, as rochas do metagranitoide com titanita correspondem a tonalitos, segundo o diagrama QAP de Streckeisen (1976) (Figura 82).

Os cristais de quartzo atingem até 500 μm e estão predominantemente recrystalizados, formando padrões de novos grãos sub-poligonizados ou poligonizados dispersos pela rocha (Figura 83).

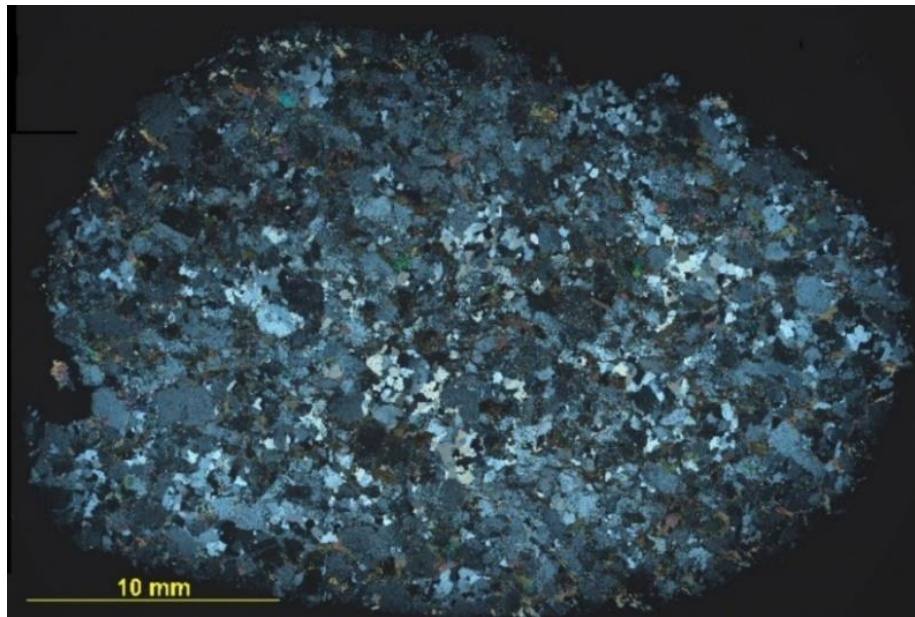


Figura 80 – Fotomosaico em polarização cruzada da amostra CH-57 mostrando a variedade equigranular do metagranitoide com titanita.

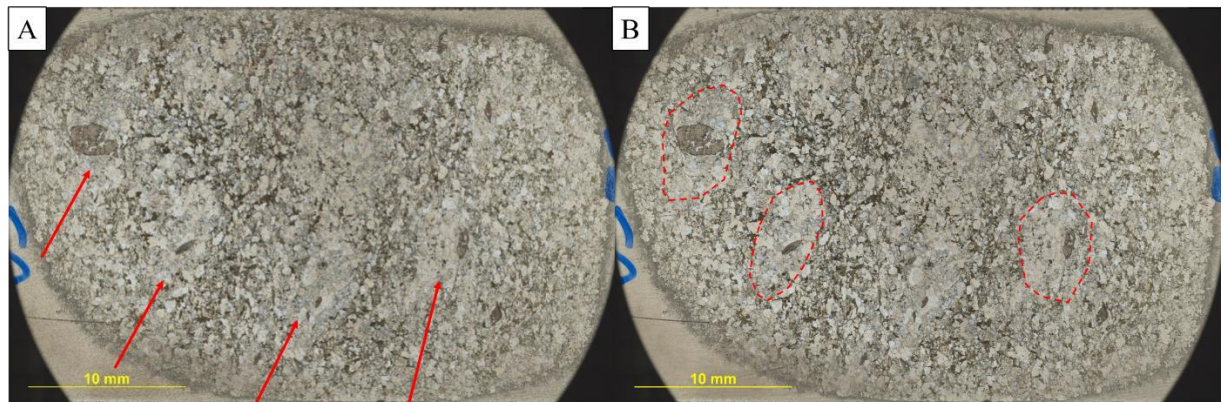


Figura 81 – Fotomosaico em polarização paralela da amostra CH-69A do metagranitoide com titanita mostrando a textura ocelar com núcleo de titanita. A: ocelos indicados pelas setas. B: ocelos circutados.

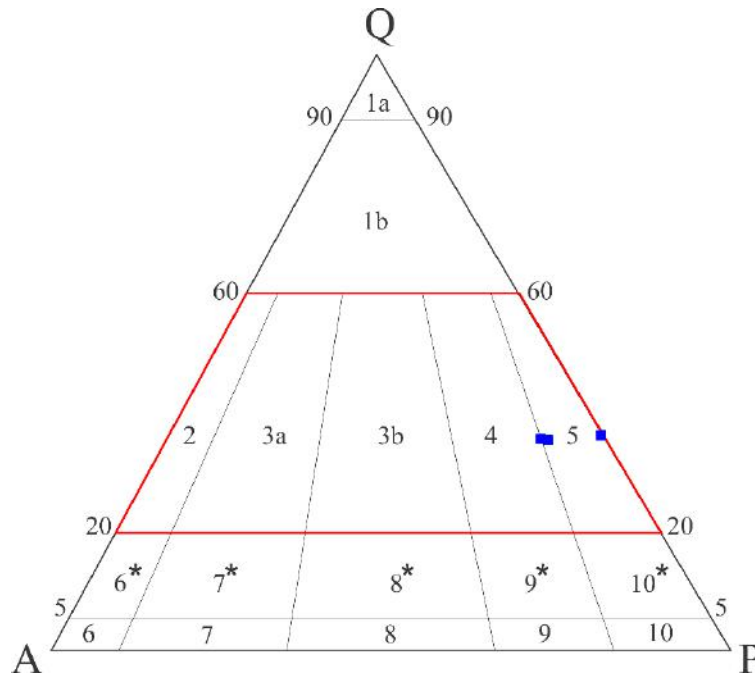


Figura 82 – Classificação do metagranitoide com titanita no diagrama QAP de Streckeisen (1976) para rochas plutônicas com campo dos granitoides destacado em vermelho. 1a - Quartzolito (silexito); 1b - Granitoide rico em quartzo; 2 - Álcali-feldspato granito; 3a - Sienogranito; 3b - Monzogranito; 4 - Granodiorito; 5 - Tonalito; 6* - Quartzó álcali-feldspato sienito; 7* - Quartzó sienito; 8* - Quartzó monzonito; 9* - Quartzó monzodiorito/Quartzó monzogabro; 10* - Quartzó diorito/Quartzó gabro/Quartzó anortosito; 6 - Álcali-feldspato sienito; 7 - Sienito; 8 - Monzonito; 9 - Monzodiorito/Monzogabro; 10 - Diorito/gabro/anortosito.

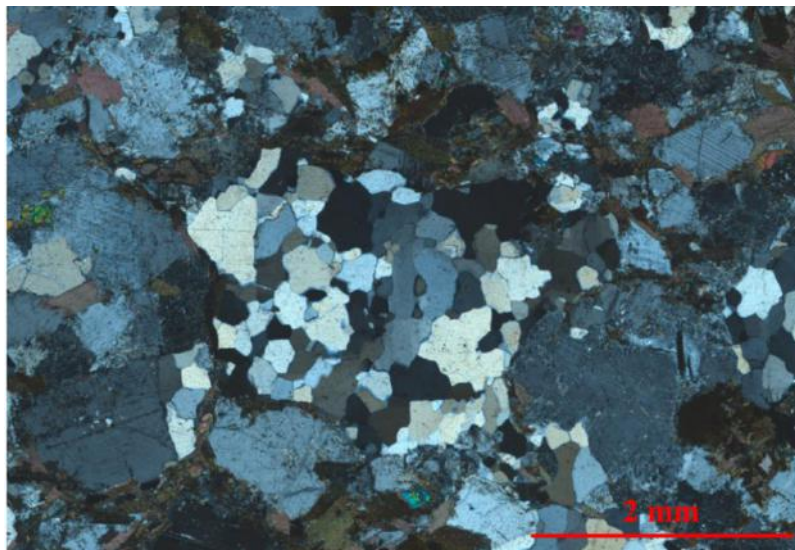


Figura 83 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando grãos de quartzo sub-poligonizados.

O plagioclásio ocorre como cristais subédricos tabulares de até 2 mm, exibe geminação polissintética (Figura 84) e da periclina e encontra-se frequentemente saussuritizado. Pode estar disperso pela rocha ou como parte dos agregados félsicos que definem a textura ocelar.



Figura 84 – Fotomicrografia da amostra CH-57 mostrando um cristal tabular de plagioclásio com geminação polissintética bem marcada.

Quanto à sua composição, os cristais primários de plagioclásio variam de An_{17} a An_{28} e correspondem a oligoclásio (Figura 85 e Tabela 16). Porções do plagioclásio associadas a regiões alteradas, com a formação de epidoto e sericita, apresentam composição sódica (An_{04} a An_{07}) correspondendo a albita (Figura 85). Quando está presente como exsolução no feldspato potássico, o plagioclásio também corresponde a albita (Figura 85).

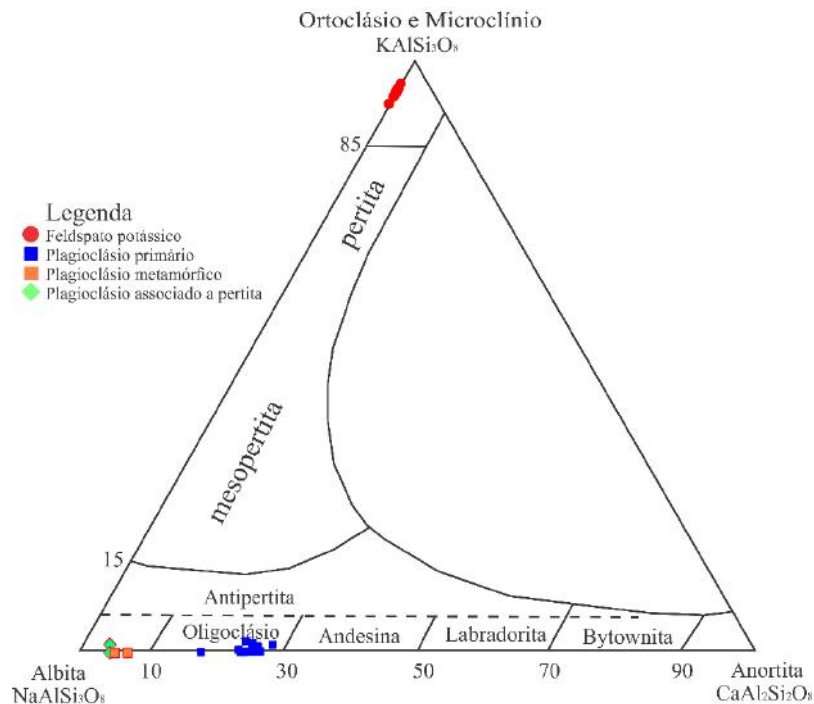


Figura 85 – Classificação dos grãos de feldspato do metagranitoide com titanita no diagrama ternário de Deer *et al.* (1993).

Tabela 16 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de plagioclásio do metagranitoide com titanita. Pl: cristal de plagioclásio. Alt: plagioclásio alterado.

	Plagioclásio									Pl (alt.)	Plagioclásio										Pl (pertita)	Pl (alt.)	
Amostra	CH-69A									CH-69B													
Análise	1	2	3	4	16	32	34	35	37	10	11	12	13	15	16	17	20	21	31	9	38	14	
Óxidos normalizados																							
SiO ₂	60,16	60,28	59,12	59,41	60,05	61,30	59,96	58,98	65,82	57,42	58,77	58,65	58,30	58,99	58,88	59,49	58,63	57,53	58,64	64,30	62,31	64,22	
Al ₂ O ₃	23,12	22,59	22,73	22,55	22,31	21,97	22,66	23,09	20,30	25,27	24,92	24,64	25,31	25,12	25,22	24,85	24,75	25,30	25,12	22,36	22,84	22,89	
CaO	5,42	5,18	5,65	6,05	5,56	3,87	5,23	5,64	1,19	6,65	6,67	6,19	6,42	6,10	6,27	5,53	6,09	6,48	6,33	0,83	1,09	1,52	
Na ₂ O	8,78	9,03	9,84	9,43	9,43	9,87	9,36	9,78	12,69	10,47	9,42	10,21	9,98	9,63	9,64	10,08	10,07	10,25	9,91	12,24	13,76	11,37	
K ₂ O	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,22	0,31	0,00	0,15	0,00	0,05	0,00	0,19	0,00	0,26	0,00	0,00	
BaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
SrO	2,51	2,59	2,66	2,55	2,64	0,00	2,79	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Número de átomos na base de 32 O																							
Si	10,88	10,93	10,78	10,82	10,91	11,13	10,89	10,74	11,64	10,39	10,57	10,57	10,49	10,59	10,57	10,66	10,57	10,41	10,54	11,37	11,11	11,32	
Al	4,93	4,83	4,88	4,84	4,78	4,70	4,85	4,96	4,23	5,39	5,28	5,23	5,37	5,31	5,33	5,25	5,26	5,39	5,32	4,66	4,80	4,76	
Ca	1,05	1,01	1,10	1,18	1,08	0,75	1,02	1,10	0,22	1,29	1,29	1,19	1,24	1,17	1,20	1,06	1,18	1,26	1,22	0,16	0,21	0,29	
Na	3,08	3,18	3,48	3,33	3,32	3,47	3,30	3,45	4,35	3,67	3,28	3,57	3,48	3,35	3,35	3,50	3,52	3,59	3,45	4,20	4,76	3,89	
K	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,07	0,00	0,04	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,06	0,00	0,00	
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Sr	0,26	0,27	0,28	0,27	0,28	0,00	0,29	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	
Albita	74,56	74,60	75,91	73,83	75,43	82,18	76,41	75,83	95,09	73,38	71,07	73,81	73,78	73,50	73,56	76,53	74,97	73,43	73,93	95,08	95,81	93,14	
Anortita	25,44	23,62	24,09	26,17	24,57	17,82	23,59	24,17	4,91	25,75	27,81	24,72	26,22	25,73	26,44	23,21	25,03	25,66	26,07	3,58	4,19	6,86	
Ortoclásio	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	1,12	1,47	0,00	0,77	0,00	0,26	0,00	0,91	0,00	1,35	0,00	0,00	

O microclínio é observado em cristais anédricos a subédricos que ocorrem geralmente no interior dos ocelos félsicos e, subordinadamente, dispersos pela rocha, podendo estar ausente na variedade equigranular. Os cristais apresentam geminação *Tartan* ou de *Carlsbad* (Figura 86), além de feições de exsolução, representadas por intercrescimento pertítico. Quanto a sua composição, possuem baixo conteúdo de Na_2O e CaO , enquanto BaO varia de 1,8 a 2,3% em peso, podendo chegar a 4,9% na borda de alguns cristais (Tabela 17).

A biotita é o principal mineral máfico e os cristais variam de anédricos a subédricos tabulares, apresentam pleocroísmo marrom e clivagem perfeita em uma direção (Figura 87). Ocorre dispersa pela rocha e orientada segundo a foliação, podendo estar acompanhada de allanita. Por vezes encontra-se alterada para muscovita metamórfica (Figura 88).

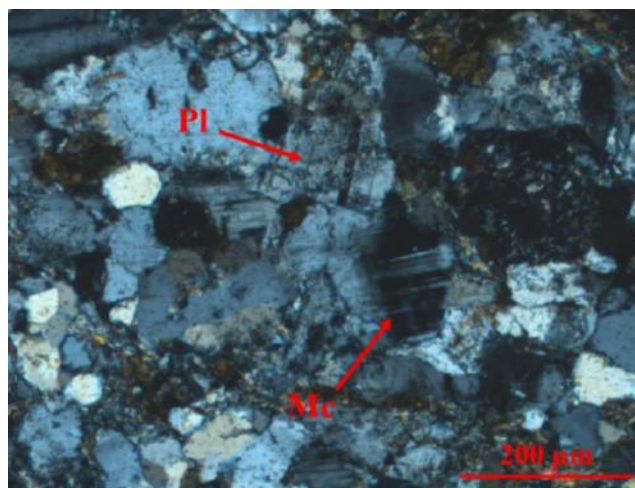


Figura 86 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-69B do metagranitoide com titanita mostrando cristal anédrico de microclínio (Mc) com geminação *Tartan* ao lado de cristal de plagioclásio (Pl) com geminação polissintética.

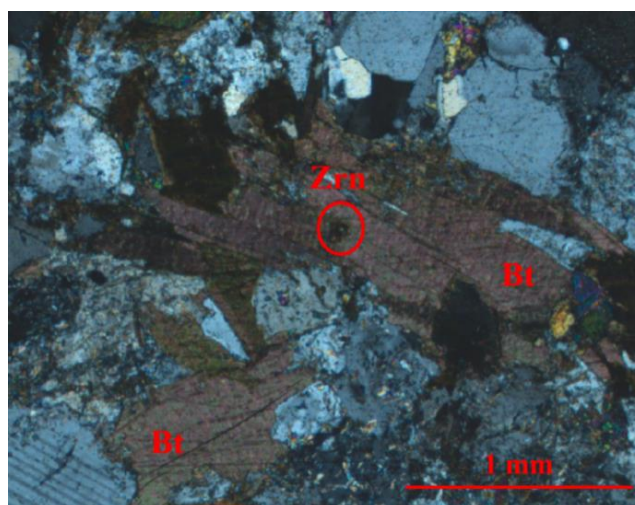


Figura 87 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando cristais subédricos tabulares de biotita (Bt), além de inclusão de zircão (Zrn).

Tabela 17 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de microclínio do metagranitoide com titanita.

Amostra	CH-69A								CH-69B									
Análise	20	21	22	24	31	33	36	38	5	6	7	19	32	33	34	35	36	37
Óxidos normalizados																		
SiO ₂	61,10	61,49	60,29	60,69	60,77	60,20	60,07	61,71	57,00	58,18	57,51	57,56	55,42	57,41	57,59	57,76	57,52	57,40
Al ₂ O ₃	18,63	18,45	18,12	18,23	19,41	18,52	18,79	18,53	20,14	20,35	19,85	20,05	21,04	20,38	20,18	19,84	20,11	19,82
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na ₂ O	0,65	0,72	0,77	0,76	0,60	0,68	0,73	0,63	0,67	0,61	0,64	0,60	0,61	0,60	1,00	0,60	0,51	0,60
K ₂ O	17,39	17,33	18,55	18,16	17,28	18,46	18,09	17,32	20,01	18,82	19,94	19,66	17,98	19,32	19,33	19,70	19,70	19,96
BaO	2,23	2,02	2,26	2,15	1,94	2,13	2,32	1,81	2,18	2,04	2,07	2,13	4,94	2,30	1,90	2,10	2,15	2,23
SrO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O																		
Si	11,66	11,71	11,62	11,65	11,56	11,58	11,55	11,72	11,13	11,24	11,21	11,20	10,95	11,16	11,18	11,24	11,19	11,20
Al	4,19	4,14	4,11	4,12	4,35	4,20	4,26	4,15	4,64	4,63	4,56	4,60	4,90	4,67	4,61	4,55	4,61	4,56
Ca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,24	0,27	0,29	0,28	0,22	0,25	0,27	0,23	0,25	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,38	0,23	0,19	0,23
K	4,23	4,21	4,56	4,45	4,19	4,53	4,43	4,19	4,98	4,63	4,95	4,88	4,53	4,79	4,78	4,89	4,89	4,97
Ba	0,17	0,15	0,17	0,16	0,14	0,16	0,17	0,13	0,17	0,15	0,16	0,16	0,38	0,18	0,14	0,16	0,16	0,17
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Albita	5,38	5,95	5,97	6,00	4,99	5,30	5,81	5,24	4,84	4,69	4,62	4,43	4,92	4,50	7,32	4,43	3,81	4,38
Anortita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ortoclásio	94,62	94,05	94,03	94,00	95,01	94,70	94,19	94,76	95,16	95,31	95,38	95,57	95,08	95,50	92,68	95,57	96,19	95,62

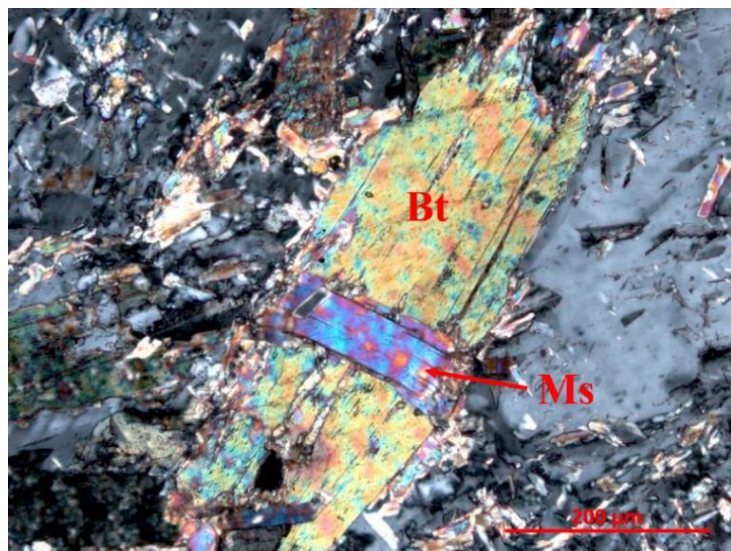


Figura 88 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-60 do metagranitoide com titanita mostrando cristal tabular de biotita (Bt) com cristal de muscovita (Ms) metamórfica em seu centro.

Quanto à sua composição, os grãos de biotita possuem a relação $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ entre 0,68 e 0,74 (Tabela 18). No diagrama de classificação das micas escuras de Deer *et al.* (1992), todas as análises de EDS plotam na série de solução sólida flogopita-annita, correspondendo a membros muito enriquecidos em Fe da série (Figura 89).

No diagrama triangular $\text{MgO} \times \text{FeO}_T \times \text{Al}_2\text{O}_3$ de Nockolds (1947) todas as análises dos grãos de biotita plotaram no campo II, que aponta que a biotita seria o principal mineral máfico constituinte da rocha e que essa não ocorreria associada a outros minerais máficos como olivina, piroxênio e hornblenda (Figura 90). Já no diagrama $\text{MgO} \times \text{FeO}_T \times \text{Al}_2\text{O}_3$ de Abdel-Rahman (1994), todas as análises plotam no campo das suítes peraluminosas (Figura 91).

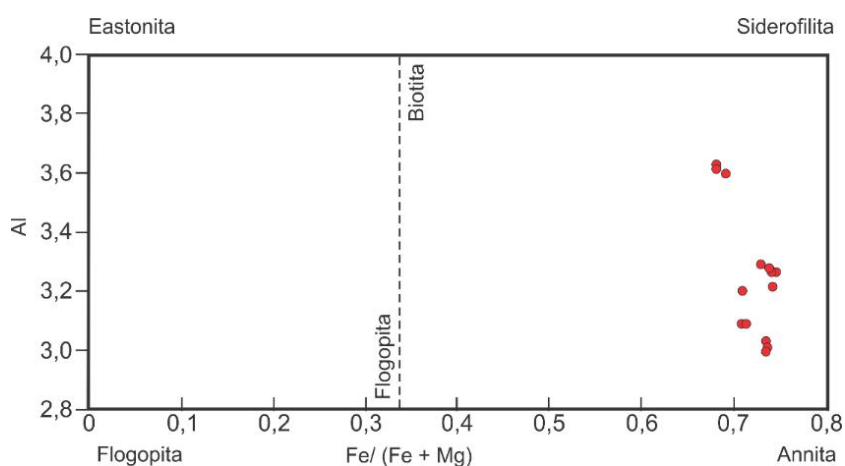


Figura 89 – Diagrama de classificação $\text{Al} \times \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ de Deer *et al.* (1992) aplicado para as micas escuras do metagranitoide fino.

Tabela 18 – Resultados normalizados das análises químicas por espectroscopia de energia dispersiva (EDS) de grãos de biotita do metagranitoide com titanita.

Amostra	CH-69A						CH-69B							
Análise	12	17	18	23	26	41	1	8	18	24	25	39	40	50
Óxidos normalizados														
SiO ₂	33,86	34,35	34,51	33,23	32,90	32,65	30,09	30,69	31,28	30,17	30,08	30,76	30,64	29,61
TiO ₂	2,56	2,36	2,18	2,36	2,33	2,37	2,36	2,29	2,11	2,51	2,21	2,19	2,42	2,50
Al ₂ O ₃	17,93	17,29	17,30	16,67	16,68	16,46	17,70	20,04	20,23	17,78	17,67	20,22	17,97	17,31
FeO	28,11	28,02	27,83	30,83	30,49	30,86	31,89	29,19	28,42	31,36	32,27	28,61	31,06	32,21
MnO	0,17	0,25	0,22	0,00	0,41	0,27	0,30	0,37	0,25	0,34	0,34	0,29	0,39	0,37
MgO	6,45	6,37	6,44	6,22	6,16	6,26	6,24	7,34	7,40	6,26	6,20	7,54	6,45	6,28
K ₂ O	10,93	11,35	11,52	10,70	11,02	11,13	11,40	10,07	10,04	11,57	11,22	10,17	11,08	11,72
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Número de átomos na base de 32 O														
Si	5,15	5,24	5,26	5,13	5,10	5,07	4,74	4,71	4,77	4,74	4,74	4,71	4,79	4,69
Ti	0,29	0,27	0,25	0,27	0,27	0,28	0,28	0,26	0,24	0,30	0,26	0,25	0,28	0,30
Al	3,21	3,11	3,11	3,03	3,04	3,01	3,28	3,62	3,63	3,29	3,28	3,65	3,31	3,23
Fe	3,53	3,52	3,50	3,92	3,89	3,95	4,14	3,69	3,57	4,06	4,19	3,61	4,00	4,21
Mn	0,02	0,03	0,03	0,00	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05
Mg	1,46	1,45	1,46	1,43	1,42	1,45	1,46	1,68	1,68	1,47	1,45	1,72	1,50	1,48
K	2,12	2,21	2,24	2,11	2,18	2,21	2,29	1,97	1,95	2,32	2,25	1,99	2,21	2,37
Fe/(Fe + Mg)	0,71	0,71	0,71	0,73	0,73	0,73	0,74	0,69	0,68	0,73	0,74	0,68	0,73	0,74

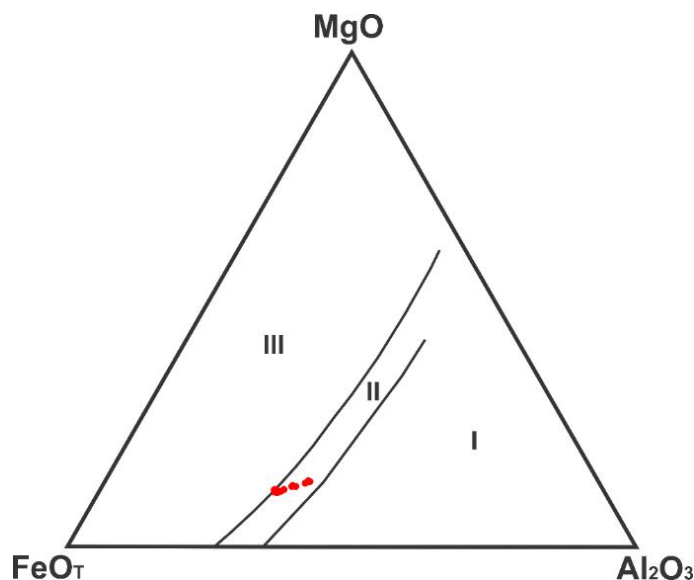


Figura 90 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide com titanita no diagrama ternário de Nockolds (1947). (I) Biotita associada com minerais ricos em Al; (II) Biotita que ocorre como principal mineral máfico; (III) biotita associada com hornblenda, piroxênio e/ou olivina.

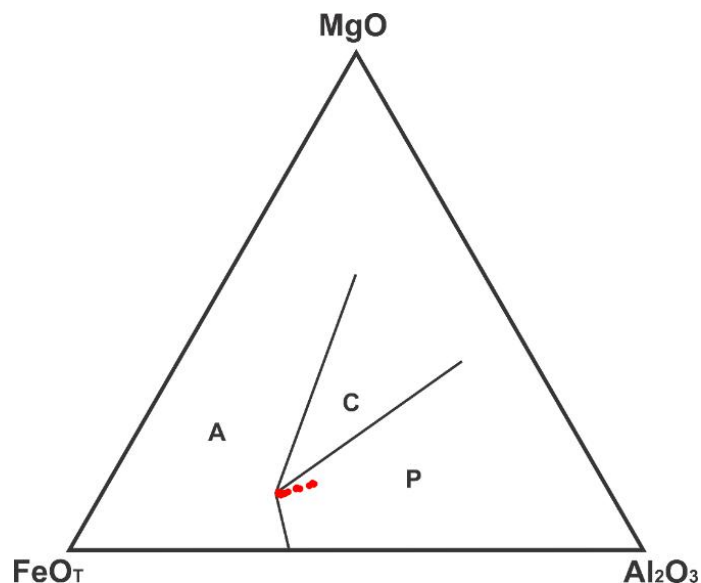


Figura 91 – Classificação dos grãos de biotita do metagranitoide com titanita segundo o diagrama de ambiência de Abdel-Rahman (1994). (A) Suítes alcalinas anorogênicas; (C) Suítes cálcio-alcalinas orogênicas; (P) Suítes peraluminosas.

A titanita é o principal mineral acessório do metagranitoide, seus cristais apresentam relevo alto, pleocroísmo elevado e ocorrem em: (1) cristais subédricos a euédricos losangulares que medem até 1 mm e que ocorrem dispersos pela rocha, orientados segundo a foliação (Figura 92); (2) fenocristais de até 1 cm, com formato euédrico ou esqueletal, que ocorrem no centro dos ocelos.

Os ocelos são representados por quartzo, plagioclásio e microclínio, definindo a textura *ocelar com núcleo de titanita* (Figuras 93A e B). A ocorrência dos constituintes félsicos dos ocelos, além de biotita como inclusões nos fenocristais de titanita é comum, indicando sua formação posterior (Figura 94).

Cristais de allanita são frequentes e geralmente ocorrem associados a biotita no metagranitoide com titanita. Variam de anédricos a subédricos, atingem até 400 μm e possuem geralmente núcleo metamictizado e borda envolvida por epidoto metamórfico (Figura 95). Cristais subédricos e euédricos de zircão são comuns e ocorrem como inclusões na maioria dos minerais constituintes da rocha, com exceção dos cristais de apatita. Geralmente não ultrapassam 100 μm , possuem relevo alto, halo metamítico e cores de interferência de 3ª ordem. Cristais de apatita ocorrem dispersos, medem até 100 μm , apresentam forma alongada ou arredondada e ocorrem inclusos em todos os minerais ígneos da rocha (Figura 96).

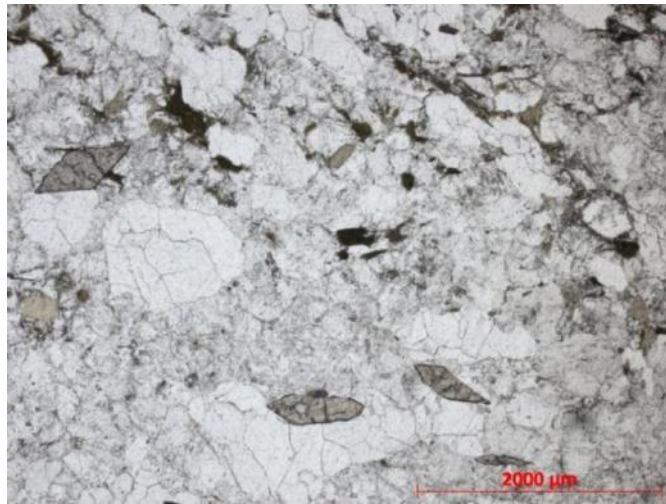


Figura 92 – Fotomicrografia em polarização paralela da amostra CH-60 mostrando cristais euédricos de titanita com cerca de 0,8 mm de tamanho.

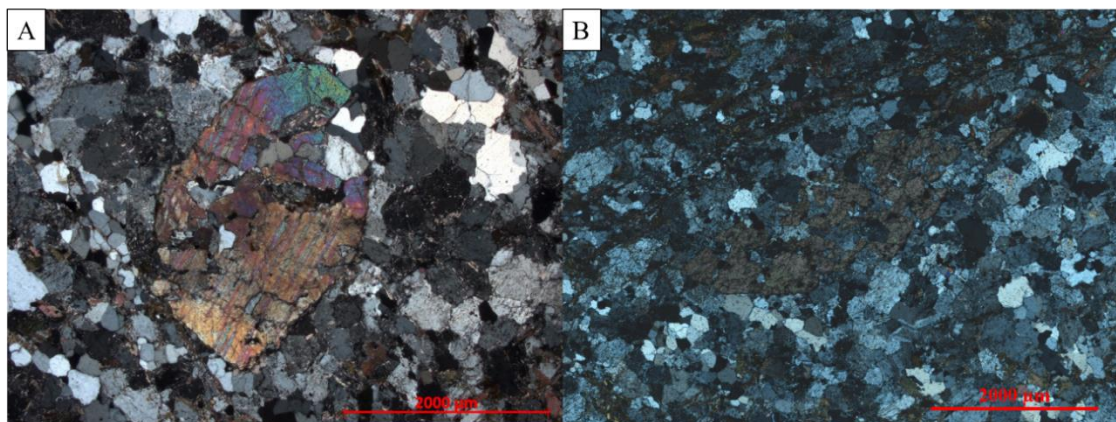


Figura 93 – Fotomicrografias em polarização cruzada mostrando fenocristais de titanita no centro dos ocelos félsicos. A: fenocristal euédrico de titanita na amostra CH-69A. B: fenocristal com formato esquelético na amostra CH-75B.

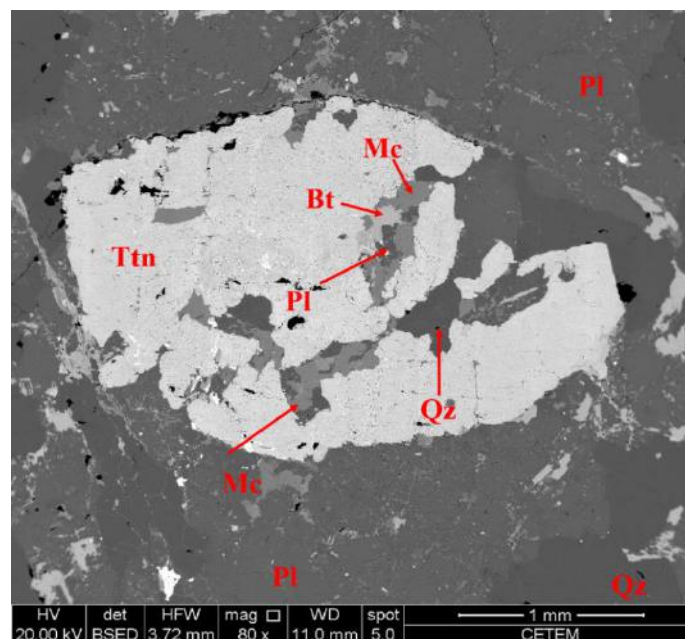


Figura 94 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-69A mostrando fenocristal de titanita (Ttn) com inclusões de microclínio (Mc), plagioclásio (Pl), quartzo (Qz) e biotita (Bt).

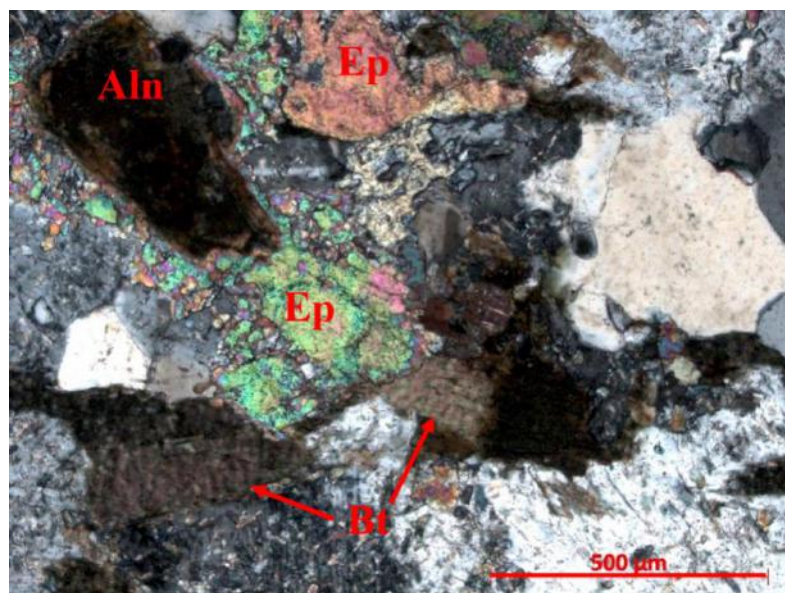


Figura 95 – Fotomicrografia em polarização cruzada da amostra CH-57 do metagranitoide com titanita mostrando cristal de allanita (Aln) envolvido por epidoto (Ep) metamórfico. Além disso, destaca-se a presença de biotita (Bt).

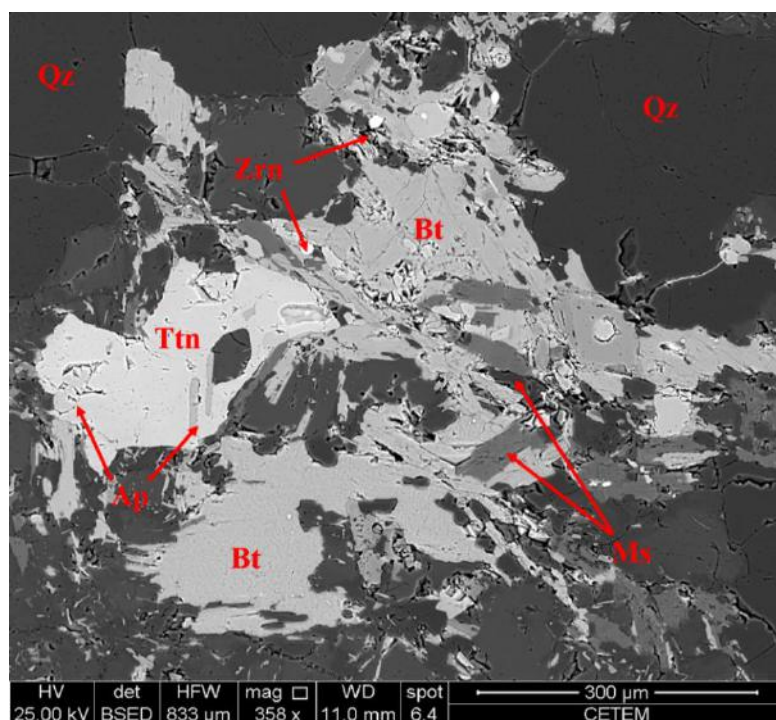


Figura 96 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra CH-69B do metagranitoide com titanita mostrando agregado de minerais máficos, composto por cristais de biotita (Bt) com inclusões de zircão (Zrn) e de titanita (Ttn) com inclusões de apatita (Ap). Além disso, destaca-se a presença de muscovita (Ms) metamórfica.

9 – DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

9.1 – Metagranitoide Macuco de Minas

O metagranitoide Macuco de Minas (2126 ± 21 Ma a 2114 ± 6 Ma; Barbosa *et al.*, 2015) é um corpo plutônico que ocorre à norte das cidades de Itutinga e Macuco de Minas, Minas Gerais. As relações de campo indicam que esse é intrusivo no metadiorito Rio Grande (Cardoso, 2018) e nas rochas da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes, que o delimitam à oeste. À sul, este é limitado pelo metagranitoide Represa de Camargos. Por conta da ausência de relações de corte entre os dois corpos ou xenólitos do metagranitoide Represa de Camargos nos afloramentos estudados do metagranitoide Macuco de Minas, acredita-se que o contato entre esses é tectônico e seria um prolongamento da Zona de Cisalhamento do Lenheiro, em concordância com a hipótese apresentada por Ritins (2017).

As rochas do metagranitoide Macuco de Minas ocorrem em duas fácies: (1) equigranular, de composição tonalítica, cuja mineralogia primária é representada por quartzo, oligoclásio, biotita₁, titanita₁, allanita, apatita, ilmenita e zircão, enquanto albita, biotita₂, titanita₂, clorita, muscovita, epidoto e sericita são metamórficos; (2) porfirítica, de composição granodiorítica, com mineralogia primária composta por quartzo, oligoclásio, microclínio, biotita₁, titanita₁, allanita, apatita, ilmenita e zircão, enquanto sua mineralogia metamórfica e secundária é representada por hialofano, albita, biotita₂, titanita₂, clorita, muscovita e epidoto.

A formação de fenocristais geralmente está sujeita a aspectos como espaço disponível no magma parcialmente cristalizado e composição química favorável para o crescimento dos grãos. Em rochas ígneas, espera-se que o mineral presente como fenocristais também esteja representado na matriz, pois essa é um reflexo do processo de cristalização tardia do magma fracionado. Porém no metagranitoide Macuco de Minas observa-se a presença de fenocristais de microclínio de até 5 cm, sendo que na matriz associada aos fenocristais esse mineral raramente é observado, enquanto o plagioclásio é comum. Essa situação geológica pode ser explicada assumindo-se que os fenocristais de microclínio não fariam parte do magma que cristalizou a matriz e, nesse caso, poderiam ter sido assimilados. Outras feições observadas em campo, na petrografia e em MEV/EDS foram utilizados para corroborar esta proposta:

- (1) Identificação em campo de uma grande variedade de enclaves no metagranitoide Macuco de Minas, incluindo ao menos dois tipos diferentes de rochas com fenocristais de feldspato (Figuras 26 e 27).
- (2) A presença, nas lâminas estudadas de fenocristais de microclínio com feições de corrosão e fragmentação (Figura 49).

- (3) A presença do feldspato potássico rico em Ba (hialofano) crescendo nas bordas ou como “fragmentos” dos fenocristais de microclínio (Figuras 49 e 51). Propõe-se que a formação desse feldspato está relacionada com o fato de que o Ba não entra na estrutura dos plagioclásios. A presença de hialofano na borda de xenocristais de feldspato potássico parcialmente assimilados por rochas tonalíticas/máficas é descrita em outros trabalhos (Molina *et al.*, 2012; Cox *et al.*, 1996).
- (4) A presença, na amostra CH-37, de um fenocristal de microclínio cortado por uma série de veios tonalíticos (Figuras 50 e 51) de composição igual à da matriz da rocha.

Dessa maneira, propõe-se que a variedade porfírica do metagranitoide Macuco de Minas seria um metagranodiorito de origem híbrida. Sua formação seguiria o seguinte modelo: (1) câmara magmática pré-existente com um *mush* rico em fenocristais de microclínio é intrudida pelo magma de composição tonalítica da variedade equigranular do metagranitoide Macuco de Minas; (2) magma tonalítico interage mecanicamente com o *mush*, assimilando parcialmente xenólitos ricos em microclínio; (3) assimilação mecânica e química da borda dos xenofenocristais de microclínio pelo magma tonalítico de mais alta temperatura ocasionando a concentração de Ba e a formação do hialofano (Figura 97); (4) cristalização dos demais minerais ígneos da rocha.

Destaca-se que os xenofenocristais de microclínio e suas relações de assimilação são os únicos indicativos claros de hibridização encontrados no metagranitoide Macuco de Minas. Dessa maneira, faz-se necessária a continuidade dos estudos dos aspectos de campo e petrográficos da rocha, bem como da litogeoquímica do corpo.

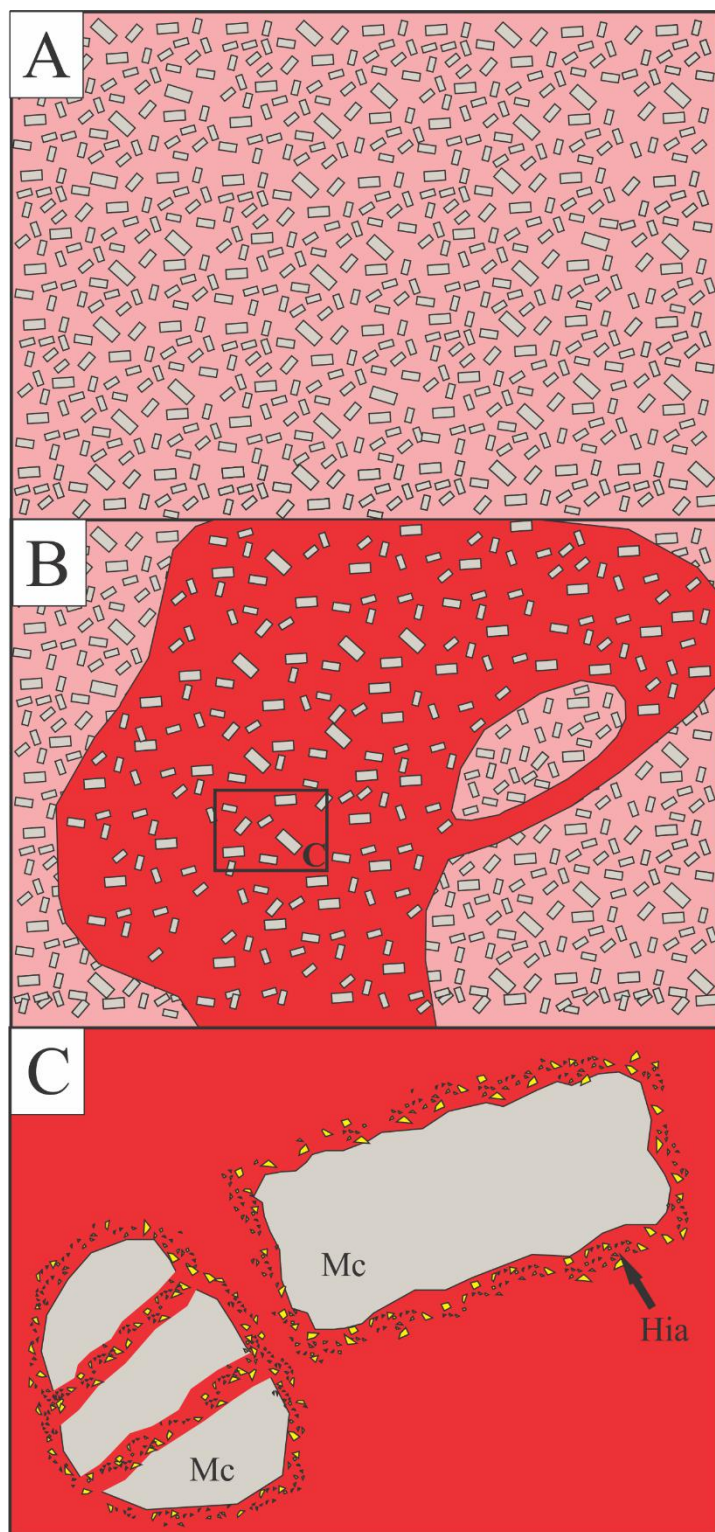


Figura 97 – Modelo de formação da variedade porfirítica do metagranitoide Macuco de Minas, baseado nas feições dos xenofenocristas de microclínio. A: *Mush* rico em fenocristas de microclínio (em cinza). B: Intrusão do magma tonalítico assimila parcialmente os xenocristas de microclínio (Figura 97C indicada pelo retângulo). C: Xenofenocristas de microclínio são parcialmente assimilados, fragmentados nas bordas e ao fim injetados por veios do magma tonalítico, formando nas bordas e ao redor dos mesmos os cristais de hialofano.

9.2 – Granitoides intrusivos no metagranitoide Macuco de Minas

Foram individualizados dois tipos de granitoides que ocorrem intrudindo o metagranitoide Macuco de Minas, sendo eles o metagranitoide fino e o metagranitoide com titanita.

O metagranitoide fino é uma rocha equigranular de granulação fina classificado composicionalmente como um monzogranito. Sua mineralogia primária é representada por quartzo, microclínio, oligoclásio, biotita, allanita, ilmenita, titanita, apatita e zircão, enquanto a sua mineralogia metamórfica e secundária por clorita, muscovita, albita, epidoto e sericita.

O metagranitoide com titanita é uma rocha de granulação fina a média, composicionalmente classificada como um tonalito, que possui uma variedade equigranular e outra com textura oclar com núcleo de titanita. A sua mineralogia ígnea é composta por quartzo, oligoclásio, microclínio, biotita, titanita, allanita, apatita, zircão e thorita, enquanto a sua mineralogia metamórfica e secundária é composta por clorita, muscovita, albita, epidoto e sericita.

Na literatura, a origem da textura oclar com núcleo de titanita ainda é discutida, porém há o consenso de que se trata de uma feição característica de rochas de origem hibridizada, fruto de processos de *magma mixing* ou *mingling* entre um magma félsico e um intermediário/máfico (Baxter *et al.*, 2002; Vegas *et al.*, 2011; Molina *et al.*, 2017). A formação dos ocelos se dá pela assimilação parcial dos cristais de biotita do componente mais máfico pelo líquido félsico. Esse processo adiciona Ti ao líquido residual. Posteriormente, esse líquido preencheria espaços na rocha e cristalizaria quartzo, feldspato potássico, plagioclásio e titanita em seu centro. A formação dos espaços arredondados, que são preenchidos pelos minerais félsicos e pela titanita poderia se dar pela expulsão de voláteis da rocha (Molina *et al.*, 2017) ou por microcisalhamentos (Vegas *et al.*, 2011). Outro indicador dos processos de hibridização no metagranitoide com titanita é a presença frequente de *clots* de biotita orientados segundo a foliação.

É importante destacar que, apesar da identificação dos indicadores de processos de *magma mixing* ou *mingling* na formação do metagranitoide com titanita, ainda não foram observados em campo os componentes máficos/intermediários e félsicos que interagiram durante a sua formação.

9.3 – Comparação entre os granitoides estudados

As principais características dos três corpos estudados nesse trabalho estão sumarizadas na Tabela 19. Quanto a composição modal e índice de cor, o metagranitoide Macuco de Minas é similar ao metagranitoide com titanita, com ambos tendo predomínio de plagioclásio em relação a feldspato potássico, enquanto o metagranitoide fino é diferente, sendo classificado como um monzogranito.

Tabela 19 – Principais características dos granitoides estudados.

Rocha	Metagranitoide Macuco de Minas	Metagranitoide fino	Metagranitoide com titanita
Composição modal	Tonalito/Granodiorito	Monzogranito	Tonalito
Granulação	Média a grossa	Fina	Fina a média
Índice de cor	15 a 25%	10 a 15%	20 a 25%
Textura	Equigranular ou porfirítico	Equigranular ou microporfirítico	Equigranular ou ocelar com núcleo de titanita; <i>clots</i> de biotita.

Os grãos de plagioclásio primários tanto do metagranitoide Macuco de Minas quanto do metagranitoide com titanita se concentram no campo do oligoclásio, no intervalo entre An₂₀ e An₃₀. Já o metagranitoide fino possui grãos de plagioclásio de composição mais sódica, também classificados como oligoclásio, porém variando entre An₁₄ e An₂₂ (Figura 98).

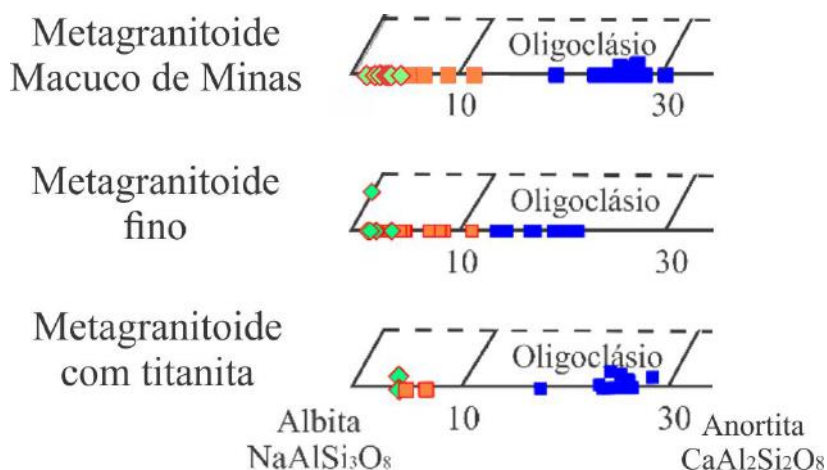


Figura 98 – Comparação entre a composição dos grãos de plagioclásio dos granitoides estudados, no diagrama de classificação de feldspatos de Deer *et al.*, 1992. Azul – plagioclásio primário; laranja – plagioclásio metamórfico; verde – plagioclásio associado a pertita.

Quanto aos grãos de biotita ígnea, é possível diferenciar os três corpos principalmente pelo teor de FeO. O diagrama $\text{Al} \times \text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ de Deer *et al.* (1992) mostra que o metagranitoide Macuco de Minas possui grãos de biotita empobrecidos em Fe em relação ao metagranitoide fino e ao metagranitoide com titanita, o qual é o mais enriquecido dos três corpos (Figura 99). Nos diagramas triangulares de classificação de biotita de Nockolds (1947)

todos os corpos plotam no campo da biotita que ocorre como principal mineral máfico da rocha, o que exclui a possibilidade da presença de outros minerais máficos como olivina, piroxênio e anfibólio, além de minerais aluminosos, como granada e silimanita (Figura 100A). No diagrama de Abdel-Rahman (1994), o metagranitoide Macuco de Minas concentra seus resultados no campo das suítes cálcio-alcálinas orogênicas, enquanto os demais corpos plotam principalmente no campo das suítes peraluminosas.

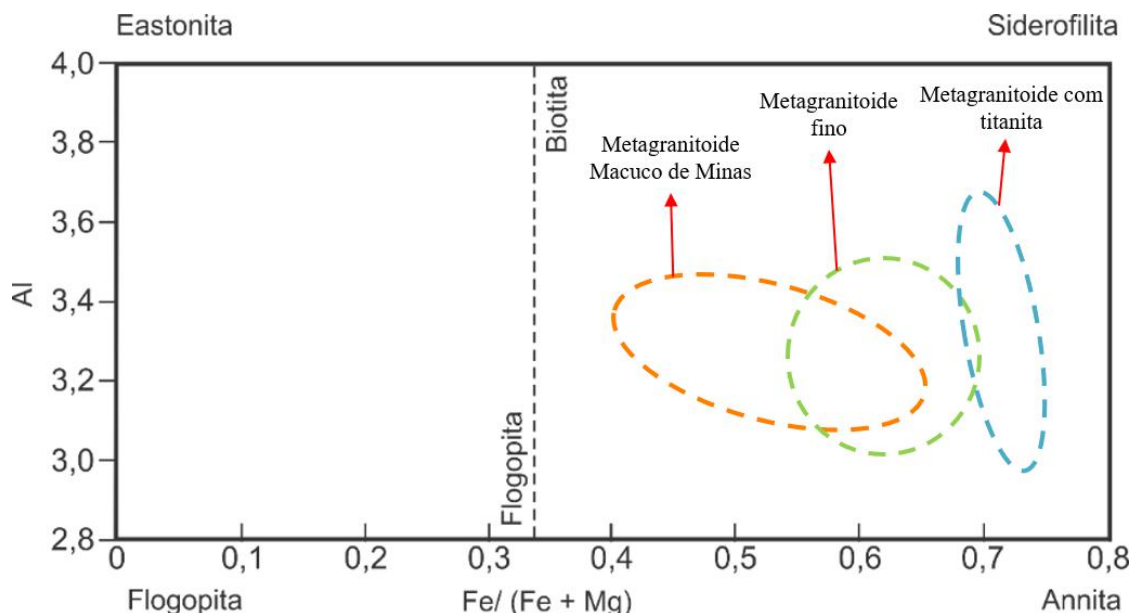


Figura 99 – Comparação entre os grãos de biotita dos granitoides estudados no diagrama de Deer *et al.* (1992).

1

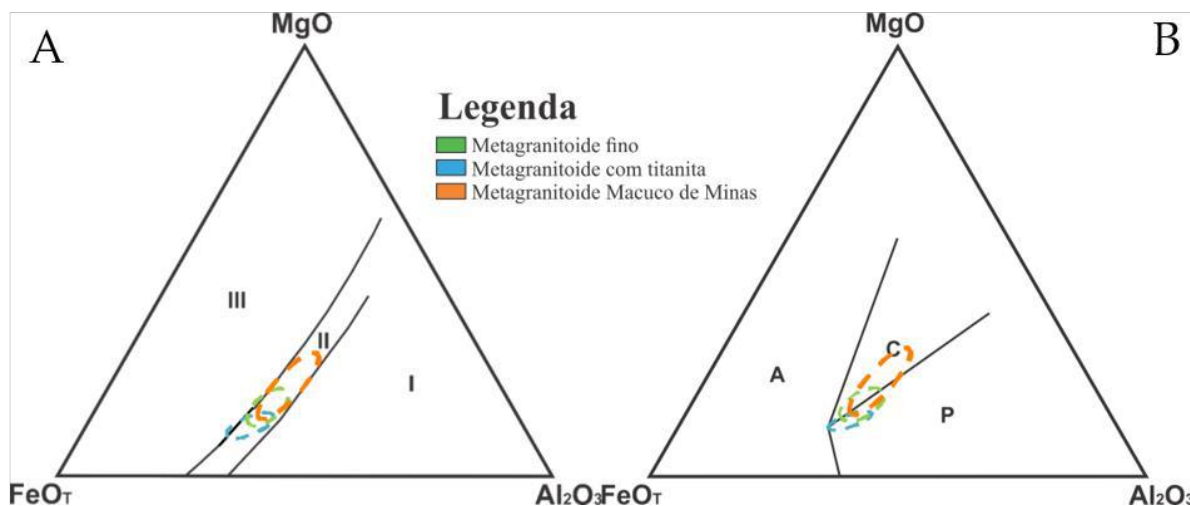


Figura 100 – Comparação entre os grãos de biotita dos granitoides estudados em diagramas triangulares MgO x FeO_T x Al₂O₃. A: Diagrama de Nockolds (1947). (I) Biotita associada com minerais ricos em Al; (II) Biotita que ocorre como principal mineral máfico; (III) biotita associada com hornblenda, piroxênio e/ou olivina. B: Diagrama de Abdel-Rahman (1994). (A) Suítes alcalinas anorogênicas; (C) Suítes cálcio-alcálinas orogênicas; (P) Suítes peraluminosas.

9.4 – Relação cronológica entre os litótipos

A região estudada é composta por afloramentos geralmente muito espaçados entre si, o que dificulta a identificação dos contatos entre as diferentes litologias. Dessa maneira, todos os contatos entre as unidades foram inferidos no mapa produzido (Anexo I – Mapa Geológico). A partir da integração das informações obtidas em campo, na petrografia, bem como dados de campo e geocronológicos de trabalhos anteriores (Chemale Jr. *et al.*, 2011; Ávila *et al.*, 2012; Barbosa *et al.*, 2015; Ritins, 2017; Cardoso, 2018; Cardoso *et al.*, 2019), foi possível sugerir uma relação cronológica entre os litótipos (da unidade mais velha para a mais nova):

- 1 – Anfibolitos da sequência metavulcanossedimentar Rio das Mortes (2231 ± 5 Ma a 2202 ± 7 Ma; Ávila *et al.*, 2012).
- 2 – Metagranitoide Represa de Camargos (2172 ± 32 Ma; Barbosa *et al.*, 2015).
- 3 – Metadiorito Rio Grande (2128 ± 24 Ma a 2102 ± 33 Ma; Cardoso *et al.*, 2019).
- 4 – Metagranitoide Macuco de Minas (2126 ± 21 Ma a 2114 ± 6 Ma; Barbosa *et al.*, 2015) e pegmatitos da primeira geração.
- 5 – Metagranitoide fino e pegmatitos da segunda geração; metagranitoide com titanita.
- 6 – Diques máficos (1714 ± 5 Ma; Chemale Jr. *et al.*, 2011)

9.5 – Metamorfismo e deformação

Ávila *et al.* (2008) descreveram na região entre Lavras e São João del Rei três eventos metamórficos e deformacionais, tendo dois ocorrido no Paleoproterozoico relacionados aos processos de formação do Cinturão Mineiro e um no Neoproterozoico, relacionado ao evento Brasileiro (Tabela 20). As rochas do metagranitoide Macuco de Minas possuem idade entre 2126 ± 21 Ma a 2114 ± 6 Ma (Barbosa *et al.*, 2015) e paragênese metamórfica definida por epidoto + albita + titanita₂ + biotita₂, o que permite correlacionar o evento metamórfico – deformacional presente nesse corpo com o evento Paleoproterozoico II (2131 a 2101 Ma; Ávila, 2000), de fácies xisto verde e/ou anfibolito inferior.

A direção aproximadamente E-W da foliação observada no metagranitoide Macuco de Minas é paralela a direção das principais zonas de cisalhamento encontradas cortando esse corpo. Outra feição marcante é o contato entre o metagranitoide Macuco de Minas e o metagranitoide Represa de Camargos, que ocorre através da Zona de Cisalhamento do

Lenheiro, a qual localmente também tem direção E-W, apesar de regionalmente apresentar a direção preferencial NE-SW.

Tabela 20 – Principais características dos três eventos metamórficos – deformacionais representados em rochas da região de Lavras - São João del Rei, borda meridional do Cráton do São Francisco, Minas Gerais (modificado de Ávila *et al.*, 2008).

Idade do evento metamórfico	Fácies metamórfica	Paragênese
Neoproterozoico entre 604 e 567 Ma (Sollner & Trouw, 1997; Trouw & Pankhurst, 1993)	Xisto verde (alta pressão) a anfibolito	Cianita + biotita + clorita + granada + cloritoide + quartzo + estauroлита (Ribeiro <i>et al.</i> , 1995)
Paleoproterozoico II entre 2131 e 2101 Ma (Ávila, 2000)	Xisto verde e/ou anfibolito inferior	Actinolita ± albita ± epidoto ± biotita ± titanita (Ávila, 1992; Silva, 1996)
Paleoproterozoico I entre 2250 e 2170 Ma	Anfibolito médio	Mg-Fe hornblenda + oligoclásio – andesina ± clorita ± epidoto ± biotita ± titanita ± ilmenita (Cherman, 1999; Toledo, 2002)

10 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-rahman, A. F. M. 1994. Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. *Journal of Petrology*, 35: 525-541.
- Alkmim, F. F., Brito-Neves, B. B. & Alves, J. A. C. 1993. Arcabouço Tectônico do Cráton do São Francisco: uma revisão. In: J. M. L. Dominguez & A. Misi. (org.), *O Cráton do São Francisco*. Salvador, Anais, SBG-BA, p. 45-62
- Alkmim, F. F., Noce, C. M. 2006. The Paleoproterozoic Record of the São Francisco Craton. In: IGCP 509 Field Workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil. Field Guide & Abstracts, p.114.
- Alkmim, F. F. & Teixeira, W. 2017. The Paleoproterozoic Mineiro Belt and the Quadrilátero Ferrífero. In: Heilbron, M., Cordani, U. G., Alkmim, F. F. (Eds). *São Francisco craton, Eastern Brazil – Tectonic genealogy of a miniature continent*, p. 71-96.
- Almeida, F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 7: 349-364.
- Araújo, A. J. D., Bongioio, E. M., Ávila, C. A. 2019. The southern São Francisco Craton puzzle: insights from aerogeophysical and geological data. Submetido ao *Journal of South American Earth Science*.
- Ávila, C. A. 1992. *Geologia, petrografia e geoquímica das rochas Pré-Cambrianas (unidade metadiorítica Itutinga e unidade metatrandjemítica Caburu) intrusivas nas rochas do Greenstone Belt Barbacena, São João del Rei, Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 282p.
- Ávila, C. A. 2000. *Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos Paleoproterozóicos da borda meridional do cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 401p.
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Cordani, U. G., Barreto, H. R., Pereira, R. M., Martins, V. T. S., Dunyi, L. 2006. The Glória quartz-monzodiorite isotopic and chemical evidence of arc-related magmatism in the central part of the Paleoproterozoic Mineiro Belt, Minas Gerais State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78: 543-556.
- Ávila, C. A., Cherman A. F., Valença J. G. 2008. Metamorfismo Paleoproterozóico no Cinturão Mineiro: considerações petrográficas a partir dos dioritos Brumado e Rio Grande. *Arquivos do Museu Nacional*, 66: 631-660.
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Cordani, U. G., Moura, C. A. V., Pereira, R. M. 2010. Rhyacian (2.23-2.20 Ga) juvenile accretion in the southern São Francisco craton, Brazil: Geochemical and isotopic evidence from the Serrinha magmatic suite, Mineiro belt. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 464-482.

- Ávila, C. A., Teixeira, W., Vasques, F. S. G., Dussin, I. A., Mendes, J. C. 2012. Geoquímica e idade U-Pb (LA-ICPMS) da crosta oceânica anfíbolítica riaciana do cinturão Mineiro, borda meridional do cráton São Francisco. *In: 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Santos, Anais.*
- Ávila, C. A., Teixeira, W., Bongioiolo, E. M., Dussin, I. A., Vieira, T. A. T. 2014. Rhyacian evolution of subvolcanic and metasedimentary rocks of the southern segment of the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil. *Precambrian Research*, 243: 221-251.
- Ávila, C. A., Guerra, F. G., Teixeira, W., Dussin, I. A., Silveira, V. L., Bongioiolo, E. M. 2015. Petrografia, geoquímica e geocronologia do ortognaisse granodiorítico Ribeirão dos Mosquitos, região sul de Resende Costa, Minas Gerais. *14º Simpósio de Geologia do Sudeste*. Campos do Jordão: SBG.
- Babinski, M., Chemale, F., Van Schumus, W. R. 1995. The Pb/Pb age of the Minas Supergroup carbonate rocks, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. *Precambrian Research*, 72: 235-245.
- Baltazar O. F., Zucchetti, M. 2007. Lithofacies associations and structural evolution of the Archean Rio das Velhas greenstone belt, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: A review of the setting of gold deposits, *Ore Geology Reviews*, 32: 471-499.
- Barbosa, N. S., Teixeira, W., Ávila, C. A., Montecinos, P. M., Bongioiolo, E. M. 2015. 2.17–2.10 Ga plutonic episodes in the Mineiro belt, São Francisco Craton, Brazil: U-Pb ages, geochemical constraints and tectonics. *Precambrian Research*, 270: 204-225.
- Barbosa, N., Teixeira, W., Ávila, C. A., Montecinos, P. M., Bongioiolo, E. M., Vasconcelos, F. F. 2018. U-Pb geochronology and coupled Hf-Nd-Sr isotopic-chemical constraints of the Cassiterita Orthogneiss (2.47–2.41-Ga) in the Mineiro belt, São Francisco craton: Geodynamic fingerprints beyond the Archean-Paleoproterozoic Transition. *Precambrian Research*, 326: 399-416.
- Baxter, S., Freely, M. 2002. Magma mixing and mingling textures in granitoids: examples from the Galway Granite, Connemara, Ireland. *Mineralogy and Petrology*, 76: 63-74.
- Cardoso, C. D. 2018. *Nova evidência de arco Riachão no Cinturão Mineiro: o metadiorito Rio Grande*. Dissertação de mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 125p.
- Cardoso, C. D., Ávila, C. A., Neumann, R., Oliveira, E. P., Valeriano, C. M., Dussin, I. A. 2019. A Rhyacian continental arc during the evolution of the Mineiro Belt, Brasil: Constraints from the Rio Grande and Brumado metadiorites. *Lithos*, 326-327: 246-264.
- Chappell, B. W. & White, A. J. R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8: 173–174.
- Chemale Jr., F., Dussin, I. A., Martins, M., Santos, M. N. 2011. Nova abordagem tectono-estratigráfica do Supergrupo Espinhaço em sua porção meridional (MG). *Geonomos*, 19: 173-41.

- Cherman, A. F., 1999. *Geologia e petrografia de áreas dos Greenstone Belt Rio Capivari-Rio das Mortes e Itumirim-Tiradentes e rochas granitóides associadas, entre Nazareno e Lavras (Estado de Minas Gerais)*. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 161p.
- Cox, R. A., Dempster, T. J., Bell, B. R., Rogers, G. 1996. Crystallization of the Shap Granite: evidence from zoned K-feldspar megacrysts. *Journal of the Geological Society, London*, 155: 625-635.
- Deer, W. A., Howie, R. A., Zussman, J. 1992. *An introduction to rock-forming minerals*. Second Edition. Longman, Harlow. 696p.
- Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J. 2013. *An Introduction to rock-forming minerals*. Third Edition. Longman, London, 498 p.
- Didier, J. & Barbarin, B. 1991. The different types of enclaves in granites – Nomenclature. *Enclaves and Granite Petrology*. Elsevier, p. 19-23.
- Gill, R. 2014. *Rochas e processos ígneos: um guia prático*. Bookman. 502p.
- Lana, C. C., Alkmim, F. F., Armstrong, R., Scholz, R., Romano, R., Nalini Jr., H. A. 2013. The ancestry and magmatic evolution of Archaean TTG rocks of the Quadrilátero Ferrífero province, southeast Brazil. *Precambrian Research*, 231: 157– 173.
- Loiselle, M. C. & Wones, D. R. 1979. Characteristics of Anorogenic Granites. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, 11: 468.
- Machado, N., Noce, C. M., Ladeira, E. A., Oliveira, O. B. 1992. U-Pb Geochronology of Archean magmatism and Proterozoic metamorphism in the Quadrilátero Ferrífero, southern São Francisco craton, Brazil. *Geological Society of America Bulletin*, 104: 1221-1227.
- Molina, J. F., Montero, P., Bea, F., Scarrow, J. H. 2012. Anomalous xenocryst dispersion during tonalite-granodiorite crystal mush hybridization in mid crust: Mineralogical and geochemical evidence from Variscan appinites (Avila Batholith, Central Iberia). *Lithos*, 153: 224-242.
- Neri, M. E. N. V., Rosière, C. A., Lana, C. C. 2013. Supergrupo Minas na Serra de Bom Sucesso, extremo sudoeste do Quadrilátero Ferrífero – MG: petrografia, geoquímica e isótopos de U-Pb. *Geol. USP, Série Científica*, 13: 117-202.
- Noce, C. M., Zuccheti, M., Baltazar, O. F., Armstrong, R., Dantas, E., Renger F. E., Lobato, L. M. 2005. Age of felsic volcanism and the role of ancient continental crust in the evolution of the Neoproterozoic Rio das Velhas Greenstone belt (Quadrilátero Ferrífero, Brazil): U-Pb zircon dating of volcanoclastic graywackes. *Precambrian Research*, 141: 67–82.
- Nockolds, S. R. 1947. The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite micas of igneous rocks. *American Journal of Science*, 245: 401-420.
- Pitcher, W. S. 1983. *Granite: typology, geological environment and melting relationships. Migmatites, Melting and Metamorphism*. Shiva Publications Ltd. 285p.

- Ribeiro A., Trouw R. A. J., Paciullo F. V. P., Valença J. G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e o termo-tectonismo brasileiro na margem sul do cráton São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, 25(4): 235-248.
- Ritins, J. I. V. 2017. *Mapeamento geológico e petrografia dos corpos plutônicos félsicos próximos a cidade de Macuco de Minas, Minas Gerais*. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 51p.
- Romano, R., Lana, C., Alkmim, F. F., Stevens, G. S., Armstrong, R., 2013. Stabilization of the southern portion of the São Francisco Craton, SE Brazil, through a long-lived period of potassic magmatism. *Precambrian Research*, 224:143–159.
- Seixas, L. A. R., David, J., Stevenson, R. 2012. Geochemistry, Nd isotopes and U–Pb geochronology of a 2350 Ma TTG suite, Minas Gerais, Brazil: Implications for the crustal evolution of the southern São Francisco craton. *Precambrian Research*, 196-197:61-80.
- Sollner, F. & Trouw, R. A. J. 1997. The Andrelândia Depositional Cycle (Minas Gerais/Brazil), a post-transamazonian sequence south of the San Francisco Craton: Evidence from U-Pb dating on zircons of a Metasediment. *Journal of South American Earth Sciences*, 10: 21-28.
- Streckeisen, A. 1976. To each plutonic rock its proper name. In: *Earth – sci. Rev.*, 12: 1-33.
- Teixeira, W., Carneiro, M.A., Noce, C.M., Machado, N., Sato, K., Taylor, P.N. 1996. Pb, Sr e Nd isotope constraints on the Archean evolution of gneissic-granitoids complexes in the southern São Francisco craton, Brazil. *Precambrian Research*, 78: 151-164.
- Teixeira, W., Ávila, C. A. & Nunes, L. C. 2008. Nd-Sr Isotopic Geochemistry and Geochronology of the Fé Granitic Gneiss and Lajedo Granodirite: implications for paleoproterozoic Evolution of the Mineiro Belt, Southern São Francisco Craton, Brazil. *Revista do Instituto de Geociências, USP*, 8(1): 53-74.
- Teixeira, W., Ávila, C. A., Dussin, I. A., Corrêa Neto, A. V., Bongioiolo, E. M., Santos, J. O., Barbosa, N. S. 2015. A juvenile accretion episode (2.35–2.32 Ga) in the Mineiro belt and its role to the Minas accretionary orogeny: Zircon U–Pb–Hf and geochemical evidences. *Precambrian Research*, 256: 148-169.
- Toledo, C. L. B. 2002. *Evolução geológica das rochas máficas e ultramáficas do greenstone belt Barbacena, região de Nazareno, MG*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UNICAMP. 308p.
- Trouw, R. A. J. & Pankhust, R. J. 1993. Idades radiométricas ao sul do cráton do São Francisco: região da folha Barbacena, Minas Gerais. In: SBG, 2º Simpósio sobre o cráton do São Francisco, *Anais*, p.260-262.
- Vasconcelos, F. F., Ávila, C. A., Neumann, R., Teixeira, W., Bongioiolo, E. M., Barbosa, N., Camara, B. O., Menezes, V. H., Mattos, F. 2017. Ortognaisse Morro do Resende: mineralogia, petrografia, geoquímica e geocronologia. *Geologia USP. Série Científica*, 17: 143-164.

- Vegas, N., Rodriguez., Cuevas, J., Siebel, W., Esteban, J. J., Túbia, J. M., Basei, M. 2011. The sphene-centered ocellar texture: an effect of grain-supported flow and melt migration in a hyperdense magma mush. *The Journal of Geology*, 119: 143-157.
- Whitney, D. L., & Evans, B. W. 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95(1): 185.
- Williams, H., Turner, F. J., Gilbert, C. M. 1970. *Petrografia: uma introdução ao estudo das rochas em seções delgadas*. Editora Polígono. 232p.



Anexo I - Mapa Geológico 1:25.000

Região à norte da cidade de Itutinga

Universidade Federal do Rio de Janeiro - IGEO

Autor: Charlys Vaz de Sant'Anna Neves

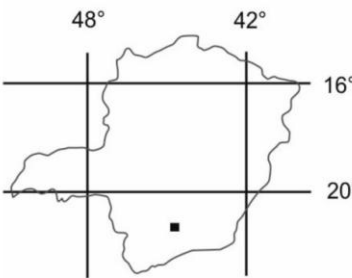
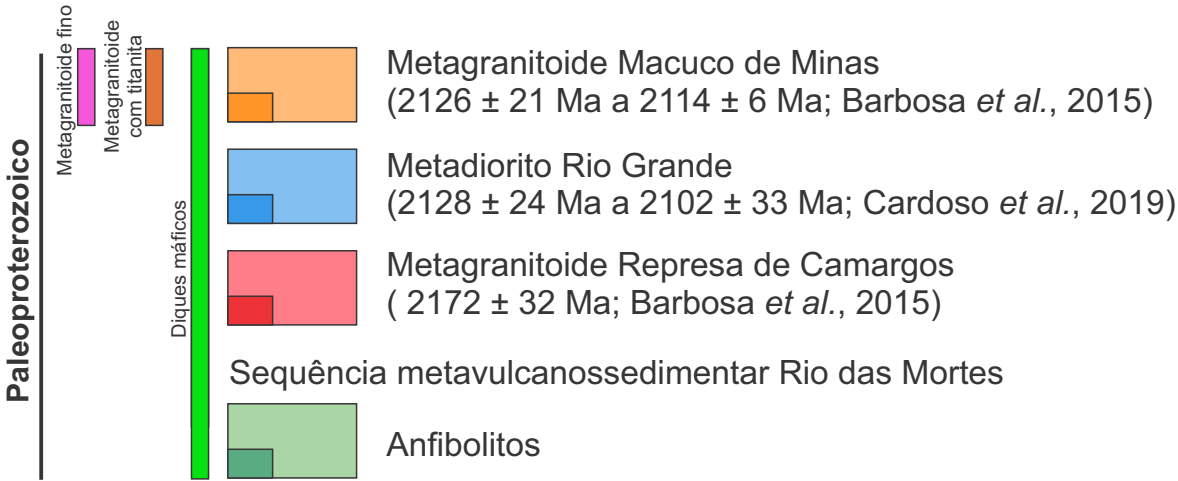
Orientadores: Ciro Alexandre Ávila e Fabiano Richard Leite Faulstich



Legenda

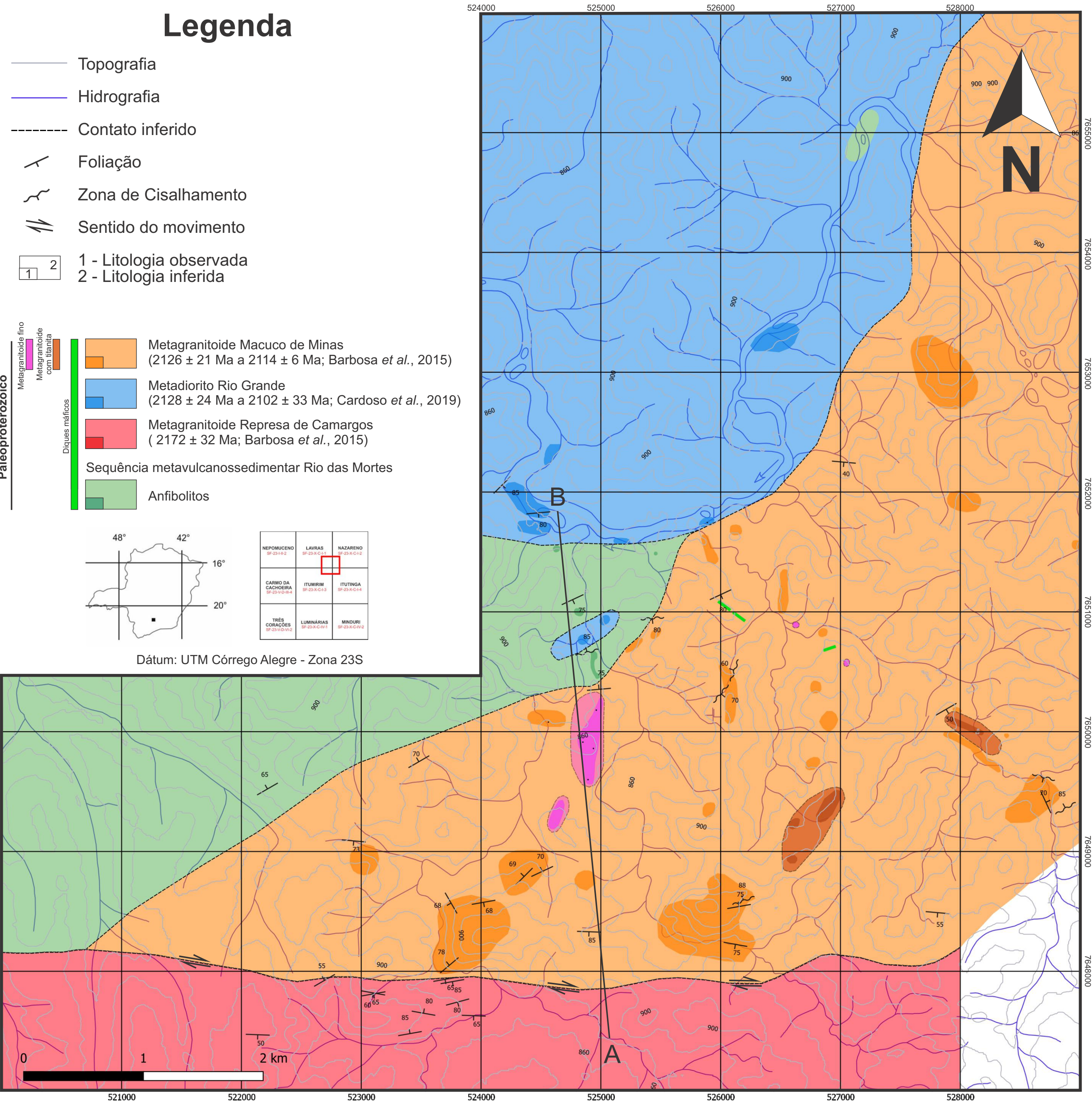
- Topografia
- Hidrografia
- Contato inferido
- Foliação
- Zona de Cisalhamento
- Sentido do movimento

- 1 - Litologia observada
- 2 - Litologia inferida



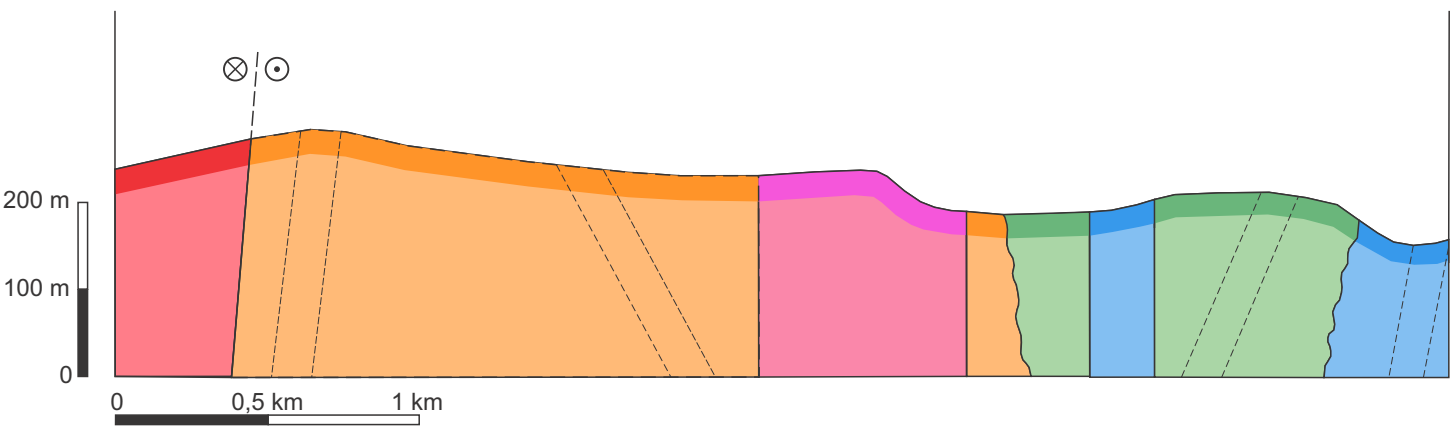
NEPOMUCENO SP-23-X-1-2	LAVRAS SP-23-X-C-1-1	NAZARENO SP-23-X-C-1-2
CARMO DA CACHOEIRA SP-23-V-D-1-4	ITUMIRIM SP-23-X-C-1-3	ITUTINGA SP-23-X-C-1-4
TRÊS CORAÇÕES SP-23-V-D-1-2	LUMINÁRIAS SP-23-X-C-1-1	MINDURI SP-23-X-C-1-2

Dátum: UTM Córrego Alegre - Zona 23S



A
SE

B
NW





Anexo II - Mapa de Pontos

Região à norte da cidade de Itutinga

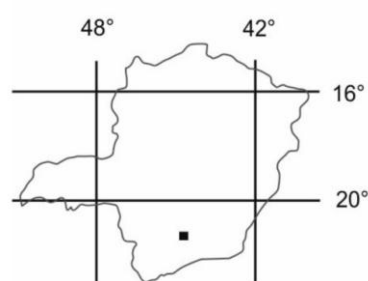
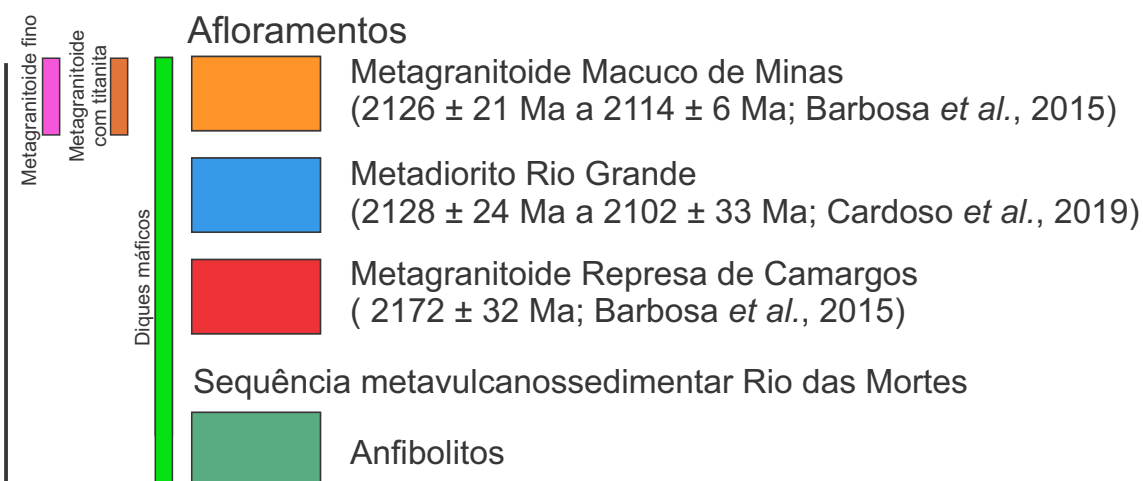
Universidade Federal do Rio de Janeiro - IGEO

Autor: Charlys Vaz de Sant'Anna Neves

Orientadores: Ciro Alexandre Ávila e Fabiano Richard Leite Faulstich

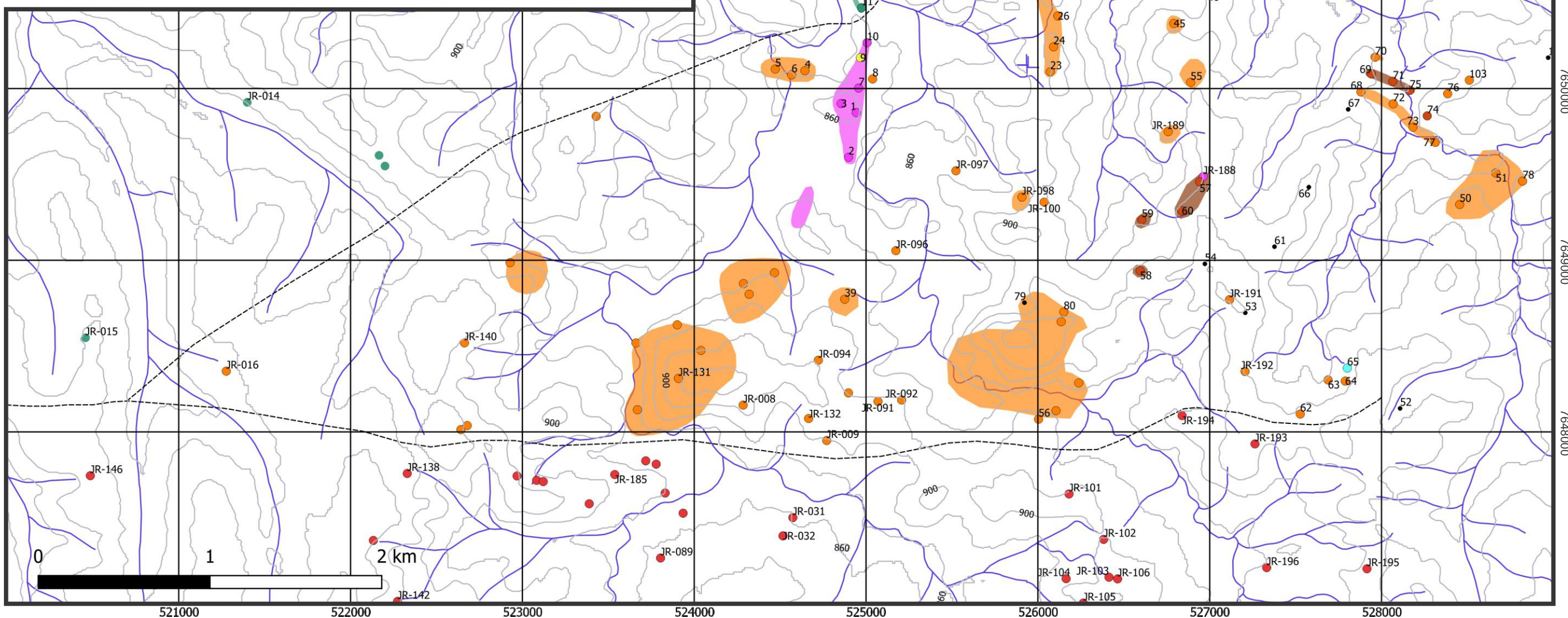
Legenda

- Topografia
 - Hidrografia
 - Contato inferido
 - Ponto geológico
 - Ponto de Controle
 - Ponto datado por Barbosa *et al.* (2018)
- NAT - Ponto retirado de Barbosa *et al.* (2018)
- JR - Ponto retirado de Ritins (2017)
- CA - Ponto retirado de Cardoso (2018)



NEPOMUCENO SF-23-I-B-2	LAVRAS SF-23-X-C-1-1	NAZARENO SF-23-X-C-1-2
CARMO DA CACHOEIRA SF-23-V-D-B-4	ITUMIRIM SF-23-X-C-1-3	ITUTINGA SF-23-X-C-1-4
TRÊS CORAÇÕES SF-23-V-D-V-2	LUMINÁRIAS SF-23-X-C-V-1	MINDURÍ SF-23-X-C-V-2

Dátum: UTM Córrego Alegre - Zona 23S



ANEXO III – TABELA DE PONTOS

Ponto	Coordenada L	Coordenada N	Tipo de ponto	Litologia principal	Foliação		Zona de cisalhamento		Amostras
					<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	
1	524943	7649860	Lajedo	Metagranitoide fino					
2	524898	7649600	Lajedo	Metagranitoide fino					2
3	524855	7649913	Lajedo	Metagranitoide fino					3
4	524644	7650104	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					4 A e 4 B
5	524472	7650114	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
6	524567	7650080	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
7	524957	7650003	Corte de estrada	Metagranitoide fino					7
8	525038	7650056	Blocos <i>in situ</i>	Filito					
9	524967	7650180	Blocos <i>in situ</i>	pegmatito					
10	525006	7650267	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide fino					
11	524974	7650471	Saprólito	Anfibolito	355	75			
12	524945	7650649	Saprólito	Anfibolito					
13	525938	7651449	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					13
14	525876	7651618	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
15	525894	7651745	Lajedo	Metadiorito Rio Grande					
16	525988	7651759	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide fino					
17	526118	7651694	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
18	526516	7651125	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					18 A e B
19	526526	7651333	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					19 A e B
20	526504	7651025	Corte de estrada	Metagranitoide Macuco de Minas					
21	526621	7650893	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide fino					
22	526289	7651113	Ponto de controle	-					
23	526072	7650098	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					

Ponto	Coordenada L	Coordenada N	Tipo de ponto	Litologia principal	Foliação		Zona de cisalhamento		Amostras
					<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	
24	526091	7650243	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas			130	70	23 A, B, C e D
25	526005	7650551	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas			290	60	
26	526116	7650423	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
27	526066	7651198	Ponto de controle	-					26
28	525072	7651142	Ponto de controle	-					
29	524814	7650995	Corte de estrada	Anfibolito	155	75			29 A e B
30	524628	7651529	Saprólito	Anfibolito					
31	524489	7651709	Corte de estrada	Metadiorito Rio Grande	175	80			
32	524369	7651708	Lajedo	Metadiorito Rio Grande					
33	524086	7652116	Ponto de controle	-					
34	524260	7651976	Lajedo	Metadiorito Rio Grande	135	85			
35	524382	7651838	Lajedo	Metadiorito Rio Grande					35 A e B
36	524855	7650774	Lajedo	Metadiorito Rio Grande			345	85	36 A, B e C
37	525440	7650830	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas			175	80	37
38	525232	7650722	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
39	524876	7648773	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
40	525031	7650949	Corte de estrada	Metadiorito Rio Grande					
41	525211	7651445	Ponto de controle	-					
42	525189	7651599	Lajedo	Metadiorito Rio Grande					42
43	525457	7651487	Blocos <i>in situ</i>	Anfibolito					
44	526050	7651037	Blocos <i>in situ</i>	Dique máfico	155	80			
45	526791	7650379	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					45 A, B e C
46	527047	7650571	Lajedo	Metagranitoide fino					46
47	526908	7650695	Corte de estrada	Dique máfico					

Ponto	Coordenada L	Coordenada N	Tipo de ponto	Litologia principal	Foliação		Zona de cisalhamento		Amostras
					<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	
48	526848	7650842	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					48 A, B, C e D
49	526981	7651158	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
50	528455	7649325	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					50 A, B, C
51	528665	7649508	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas			195	70	
52	528108	7648137	Ponto de controle	-					
53	527207	7648694	Ponto de controle	-					
54	526972	7648979	Ponto de controle	-					
55	526889	7650036	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					55 A, B, C, D e E
56	526004	7648074	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					56 A, B,C,D,E e F
57	526941	7649457	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita					57
58	526595	7648939	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita					
59	526605	7649236	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita					
60	526838	7649288	Lajedo	Metagranitoide com titanita					60
61	527377	7649079	Ponto de controle	-					
62	527527	7648104	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
63	527689	7648303	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
64	527789	7648296	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
65	527801	7648372	Blocos <i>in situ</i>	filito/milonito	185	55			
66	527577	7649426	Ponto de controle	-					
67	527806	7649879	Ponto de controle	-					
68	527880	7649981	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
69	527941	7650085	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita	150	50			69 A, B e C
70	527963	7650183	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
71	528066	7650042	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita					

Ponto	Coordenada L	Coordenada N	Tipo de ponto	Litologia principal	Foliação		Zona de cisalhamento		Amostras
					<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	
72	528068	7649911	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
73	528183	7649775	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
74	528266	7649841	Lajedo	Metagranitoide com titanita					74
75	528164	7649989	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide com titanita					75 A, B e C
76	528385	7649970	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
77	528312	7649687	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
78	528821	7649461	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas	65	80	330	85	78 A e B
79	525922	7648753	Ponto de controle	-					
80	526151	7648699	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas			340	88	
81	527013	7651160	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
82	527296	7651220	Blocos <i>in situ</i>	Veio de quartzo					
83	527637	7651454	Ponto de controle	-					
84	527596	7652027	Ponto de controle	-					
85	527362	7652215	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
86	527018	7652132	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas	185	40			86 A e B
87	527646	7652632	Ponto de controle	-					
88	527372	7653060	Ponto de controle	-					
89	526893	7653033	Blocos <i>in situ</i>	Metadiorito Rio Grande					
90	526437	7653294	Lajedo	Metadiorito Rio Grande					
91	527651	7653227	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
92	527553	7653624	Ponto de controle	-					
93	528049	7652881	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					93 A, B, C, D e E
94	528963	7651563	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					94 A e B
95	528513	7652498	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					95

Ponto	Coordenada L	Coordenada N	Tipo de ponto	Litologia principal	Foliação		Zona de cisalhamento		Amostras
					<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	<i>Dip direction</i>	<i>Dip inclination</i>	
96	528470	7652206	Ponto de controle	-					
97	528086	7651916	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
98	527956	7651906	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
99	527907	7650836	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
100	528700	7651370	Ponto de controle	-					
101	528909	7651900	Blocos <i>in situ</i>	Metagranitoide Macuco de Minas					
102	528970	7650180	Ponto de controle	-					
103	528511	7650049	Lajedo	Metagranitoide Macuco de Minas					
104	529278	7649525	Ponto de controle	-					
105	529712	7650191	Ponto de controle	-					
106	530331	7650151	Ponto de controle	-					
107	530520	7650682	Blocos <i>in situ</i>	Anfibolito					
108	530753	7651195	Ponto de controle	-					
109	531174	7651560	Blocos <i>in situ</i>	Anfibolito					
110	531483	7652307	Ponto de controle	-					
111	530252	7651037	Ponto de controle	-					
112	530029	7651618	Ponto de controle	-					
113	530147	7652408	Ponto de controle	-					
114	529875	7650852	Ponto de controle	-					
115	530409	7649420	Ponto de controle	-					
116	531871	7646967	Ponto de controle	-					